



**Inês Sofia Marques
Ramos**

**Web-Rail: Sistema de Gestão de Informação ao
Viajante Ferroviário**

Web-Rail : Railway Traveler Information Management
System



**Inês Sofia Marques
Ramos**

Web-Rail : Railway Traveler Information Management System

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Computadores e Telemática, realizada sob a orientação do Professor Doutor Diogo Gomes, Professor Assistente Convidado do Departamento de Electrónica, Telecomunicações e Informática da Universidade de Aveiro, e do Professor Doutor Rui Aguiar, Professor Associado do Departamento de Electrónica, Telecomunicações e Informática da Universidade de Aveiro.

o júri

presidente

Prof. Dra. Maria Beatriz Alves Sousa Santos
Professora Associada com Agregação da Universidade de Aveiro

Doutor Cipriano Rogério Alves Tavares Lomba
Director da EFACEC Sistemas de Electrónica S.A.

Doutor Rui Luis Andrade Aguiar
Professor Associado da Universidade de Aveiro

Prof. Dr. Diogo Nuno Pereira Gomes
Assistente Convidado da Universidade de Aveiro

agradecimentos

Agradeço aos meus orientadores da Universidade de Aveiro todo o apoio e aconselhamento.

Agradeço à empresa EFACEC a oportunidade que me foi dada e a confiança depositada no meu trabalho.

Agradeço à equipa do departamento de Investigação de Desenvolvimento da EFACEC, especialmente à Eng.^a Paula Oliveira, pelo apoio ao longo do estágio na empresa.

Agradeço aos meus colegas de curso e aos docentes do departamento de Electrónica, Telecomunicações e Informática pela excelência das aulas leccionadas.

Um agradecimento muito especial aos meus pais, a quem devo tudo, pelo esforço e apoio incondicional que me permitiram concluir esta etapa.

Agradeço ao meu namorado toda a paciência, compreensão e encorajamento incondicional. Sem ti não seria o que sou hoje.

Agradeço à Bellina e à Suzi toda a compreensão, apoio e companheirismo ao longo do curso.

palavras-chave

Sistemas de Informação ao Público, Sistemas de Informação ao Viajante, *Web services*, Java, C#, .NET, Javascript, Sistemas de Informação Geográficos, CORBA, UML

resumo

Os sistemas de informação ao viajante (SIVs) permitem a construção de soluções eficientes que aliam a utilização de novas tecnologias da comunicação à gestão e disponibilização de serviços, conferindo um aumento de performance e a satisfação do público-alvo.

O projecto de Dissertação proposto pela empresa EFACEC consiste no desenvolvimento de uma aplicação WEB no âmbito da gestão de serviços de transporte férreo.

As necessidades de mercado e os requisitos de clientes da EFACEC conduziram à adopção de soluções baseadas em tecnologias WEB, nomeadamente no que respeita a interfaces gráficas, proporcionando maior autonomia e portabilidade aos sistemas.

Será apresentado um estudo das principais e mais recentes tecnologias de desenvolvimento de interfaces gráficas Web e *Web services*, que preencham os requisitos e funcionalidades gerais do sistema e contribuam para o desenho de uma solução eficaz e satisfatória.

A aplicação desenvolvida permite a visualização da localização de veículos em tempo-real num mapa georreferenciado e a gestão de informação disponibilizada em sistemas visuais situados em estações de metro de superfície.

Keywords

Public Information Systems, Passengers Information Systems, *Web services*, Java, C#, .NET, Javascript, Geographic Information Systems, CORBA, UML

abstract

The passenger information systems (SIVs) lead to the construction of efficient solutions joining up the usage of new communication technologies with management and availability of the public services, which enhances both the performance and the satisfaction of the target group.

The dissertation project suggested by EFACEC involves the development of a web application in the field of the railway service management.

The needs of the market and the EFACEC clients' demands were taken into account when it was necessary to adopt solutions based on web technologies, regarding graphic interfaces, which provide higher autonomy and portability to the systems.

A further study on the main and more recent technologies of web graphic interfaces and web services will be presented. These services aim at fulfilling the demands and general purposes of the system and help to find out a satisfactory and efficient solution.

The final solution allows not only a real-time and accurate location of trams on a georeferenced map but also the management of the information provided by visual systems placed at tram stations.

Índice

Índice	7
Lista de acrónimos	11
Índice de Figuras	15
Índice de Tabelas.....	19
1. Introdução	21
1.1. Enquadramento.....	21
1.2. Objectivos.....	22
1.3. Organização da Dissertação	23
2. Estado da Arte	25
2.1. Sistemas de Informação ao Público	25
2.1.1. Constituição dos sistemas de informação ao público	25
2.2. Sistema de Informação ao Viajante	29
2.3. Análise das necessidades do passageiro	31
2.3.1. Necessidades avaliadas relativas ao passageiro comum	31
2.3.2. Necessidades de pessoas idosas ou com limitações físicas	39
2.4. Aspectos fundamentais associados à disponibilização de SIVs.....	42
2.5. Dispositivos de disponibilização de informação ao viajante.....	43
2.5.1. Terminais públicos interactivos.....	43
2.5.2. Websites.....	44
2.5.3. Dispositivos portáteis	46
2.5.4. Painéis digitais	46
2.6. Análise de soluções existentes.....	49
2.6.1. Empresas de desenvolvimento de sistemas de informação ao viajante	49
2.6.2. Sistemas de Informação ao Viajante <i>Online</i>	68

2.7.	Sistemas de Informação Geográficos	71
2.7.1.	Importância de informação geográfica num SIV	72
2.7.2.	Principais APIs GIS utilizadas	80
3.	Principais tecnologias utilizadas na construção de SIPs.....	85
	Duas das principais tecnologias que cumprem os requisitos de arquitectura mencionados são CORBA e/ou Web services.	86
3.1.1.	CORBA	87
3.1.2.	<i>Web services</i>	90
3.2.	Principais ferramentas utilizadas na construção de <i>Web services</i>	97
3.2.1.	JAX RPC.....	97
3.2.2.	JAX –WS	98
3.2.3.	ASP.NET <i>Web services</i>	98
3.3.	Propostas de arquitectura associadas ao desenvolvimento de SIPs	102
3.3.1.	Proposta de Arquitectura I [82].....	102
3.3.2.	Proposta de Arquitectura II [83].....	105
3.3.3.	Proposta de Arquitectura III [12].....	107
3.3.4.	Conclusões Finais	108
4.	Descrição da Solução Desenvolvida	109
4.1.	Solução Desenvolvida.....	109
4.1.1.	Âmbito de Desenvolvimento.....	109
4.1.2.	Modelação da solução de software	109
5.	Definição e Implementação da Solução.....	115
5.1.	Comparação entre <i>Web services</i> e CORBA.....	115
5.1.1.	Cenários de teste das tecnologias: <i>Web services</i> e CORBA.....	116
5.2.	Descrição da Solução Implementada	121
5.3.	Tecnologias Utilizadas	122

5.4.	Descrição das Fases de Desenvolvimento.....	123
5.4.1.	Fase 1 – Cliente .NET e Web Service AXIS	123
5.4.2.	Fase 2 – Cliente .NET e Web Service JAX-WS	126
5.4.3.	Fase 3 – Cliente Javascript e Web Service JAX-WS	128
6.	Resultados	131
6.1.	Identificação das principais características de um SIP	131
6.2.	Avaliação de cumprimento de requisitos.....	133
6.3.	Comparação dos ambientes de desenvolvimento explorados	135
7.	Conclusões	137
7.1.	Sobre os objectivos do sistema	137
7.2.	Perspectivas de evolução	138
	Referências.....	139

Lista de acrónimos

AJAX	Asynchronous Javascript And XML
API	Aplicação
ASP	Active Server Pages
BD	Base de Dados
CaU	Caso de Utilização
CLR	Common Language Runtime
CORBA	Common Object Request Broker Architecture
COM	Component Object Model
DCOM	Distributed Component Object Model
DII	Dynamic Invocation Interface
DOM	Document Object Model
E-Government	Electronic Government
ESRI	Environmental Systems Research Institute
GIS	Geographic Information System
GIOP	Management Group's CORBA General Inter-ORB Protocol
GPS	Global Positioning System
GPX	GPS eXchange Format
HTML	HyperText Markup Language
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
IDC	International Data Corporation
IDL	Interface Definition Language
IIOP	Internet Inter-ORB Protocol
INOSS	Integrated Network Operations Support System

JAX -RPC	Java API for XML-based RPC
JAX-WS	Java API for XML <i>Web services</i>
JSON	JavaScript Object Notation
JRE	Java Runtime Environment
J2EE	Java 2 Platform, Enterprise Edition
KML	Keyhole Markup Language
MSIL	Microsoft Intermediate Language
NS	Naming Service
ORB	Object Request Broker
OSM	Open Street Map
OMG	Object Manegement Group
POA	Portable Object Adapter
REST	Representational State Transfer
RMI	Remote Mehotd Invocation
RPC	Remote Procedute Call
SA	Servidor de Aplicações
SEI	Service Endpoint Interface
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SGBD	Sistema de Gestão de Base de Dados
SIP	Sistema de Informação ao Público
SIV	Sistema de Informação ao Viajante
SOA	Service-oriented Architecture
SOAP	Simple Object Access Protocol
SQL	Structured Query Language
TCP	Transmission Control Protocol

UDDI	Universal Description, Discovery and Integration
UML	Unified Modeling Language
URI	Uniform Resource Identifier
URL	Uniform Resource Locator
XML	Extensible Markup Language
WSDL	<i>Web service</i> Definition Language

Índice de Figuras

Figura 1 – Constituição do SIP [1].....	26
Figura 2 - Necessidades avaliadas relativas ao passageiro comum	32
Figura 3 – Solução EFACEC (Metro do Porto).....	50
Figura 4 – Solução EFACEC (Metro do Porto).....	50
Figura 5 – Aplicação AcisHome (condições meteorológicas)	51
Figura 6 - Aplicação AcisHome (definição de trajectos).....	52
Figura 7 - Aplicação AcisHome (condições de tráfego e consumos energéticos)	52
Figura 8 - Aplicação ACISIbis (definição de trajectos e horários)	53
Figura 9 - Aplicação ACISIbis (tabela de horários e menu geral).....	54
Figura 10 – Aplicação ACIS destinada ao interior de veículos.....	55
Figura 11 – Aplicação ACIS destinada ao motorista de veículos	55
Figura 12 - Aplicação ACISHorizon (visualização de localizações no mapa).....	56
Figura 13 – Aplicação ACISMyTrip (pesquisa de estações mais próximas e definição de rotas)	57
Figura 14 – Solução Moot McDonald implementada no aeroporto de <i>Southampton</i>	58
Figura 15 – Aplicação Aesys (LCD).....	59
Figura 16 - Solução Aesys (Painéis digitais de informação)	60
Figura 17 - Solução Aesys (Painéis digitais).....	60
Figura 18 - Solução Alstom (Painéis digitais).....	61
Figura 19 - Solução Alstom (Painéis digitais e monitores)	61
Figura 20 - Solução Mitron (Painéis digitais).....	65
Figura 21 - Solução Mitron (Monitores).....	65
Figura 22 – Solução Dzine (Dispositivos touch-screen).....	66
Figura 23 – Solução Dzine (<i>BluePull</i>)	67
Figura 24 – Solução Dzine (LCD).....	68

Figura 25 – Definição de rotas e verificação de tabelas de horário (<i>Website</i> aeroporto do Porto)	69
Figura 26 – Funcionalidades gerais disponibilizadas ao passageiro (Metropolitano de Lisboa)	70
Figura 27 – Influência do GIS na tomada de decisão do passageiro	72
Figura 28 – Exemplo de aplicação ArcView	77
Figura 29 – Exemplo de aplicação GIS para representação da qualidade do ar	78
Figura 30 – Exemplo de aplicação GIS (Serviço de transporte ferroviário de Zurich)	79
Figura 31 – Exemplo de aplicação GIS (Serviço de transportes públicos de Helsínquia)	79
Figura 32 – API Virtual Earth (Microsoft)	81
Figura 33 – API Google Maps	81
Figura 34 – Fases de desenvolvimento de uma aplicação CORBA	87
Figura 35 – Interações Cliente/Objecto numa arquitectura CORBA	87
Figura 36 – Invocação remota de objectos CORBA	88
Figura 37 – Operações sobre um recurso REST	92
Figura 38 – Métodos RPC	92
Figura 39 – Comunicação cliente/servidor <i>Web services</i> RPC	94
Figura 40 – Comunicação SOAP	95
Figura 41 – Comunicação Cliente/servidor no JAX-RPC	97
Figura 42 – Processo de conversão de documentos/objectos através da API JAX-B	98
Figura 43 – Arquitectura <i>Web services</i> .NET	99
Figura 44 – Camada de comunicação da arquitectura proposta [82]	103
Figura 45 – Camada lógica arquitectura proposta [82]	104
Figura 46 – Camada de dados arquitectura proposta [82]	105
Figura 47 – Sistema Proposto [83]	107
Figura 48 – Sistema Proposto [12]	108
Figura 49 – Diagramas UML utilizados na especificação da solução	111
Figura 50 – Cenário de teste utilizado na comparação <i>Web services</i> e CORBA [87]	117

Figura 51 – Cenário de teste utilizado na comparação <i>Web services</i> e CORBA [72]	119
Figura 52 – Pedido/resposta Axis2	123
Figura 53 – Comunicação cliente/servidor Fase 1	124
Figura 54 – Comunicação cliente/servidor Fase 2	128

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Exemplos de aspectos consideráveis na disponibilização de informação num SIP...	27
Tabela 2 – Tipo de informação disponibilizada num SIV.....	30
Tabela 3 – Análise das principais fontes de informação	34
Tabela 4 – Principais problemas que contribuem para o descontentamento do passageiro	37
Tabela 5 - Aspectos que contribuem para a melhoria dos serviços de transporte público.....	38
Tabela 6 – Soluções existentes que fornecem apoio a pessoas idosas na utilização de SIVs.....	41
Tabela 7 – Vantagens de Utilização de <i>Websites</i> como SIPs.....	45
Tabela 8 – Possíveis factores que contribuem para o aumento da eficiência de SIVs	47
Tabela 9 – Exemplo de informação disponibilizada nas soluções Dzine.....	67
Tabela 10 – Ferramentas de obtenção de dados geográficos	75
Tabela 11 – Comparação das principais APIs de mapas utilizadas	82
Tabela 12 – Principais tecnologias de sistemas distribuídos	86
Tabela 13 – Principais diferenças entra <i>Web services</i> RPC e REST	93
Tabela 14 – Principais diferenças entre J2EE e .NET	100
Tabela 15 – Dispositivos que definem a camada lógica da arquitectura proposta [82]	103
Tabela 16 – Tipos de Middleware avaliados na arquitectura proposta [83]	106
Tabela 17 – Diagramas UML utilizados na especificação do sistema	110
Tabela 18 – requisitos de interface e usabilidade.....	113
Tabela 19 – Requisitos de desempenho	113
Tabela 20 – Requisitos de segurança e integridade dos dados	113
Tabela 21 – Resultados obtidos no teste efectuado no cenário de teste [87]	118
Tabela 22 – Tecnologias utilizadas nas fases de desenvolvimento da solução de software	122
Tabela 23 – Avaliação das principais características um SIP	132
Tabela 24 – Avaliação de cumprimento de requisitos de usabilidade.....	134
Tabela 25 – Avaliação do cumprimento de requisitos de desempenho.....	134

Tabela 26 – Avaliação do cumprimento de requisitos de privacidade e integridade dos dados	135
Tabela 27 – Comparação entre tecnologias testadas durante o desenvolvimento da aplicação	135

1. Introdução

1.1. Enquadramento

Nas últimas duas décadas tem-se assistido a um aumento da preocupação de entidades públicas e privadas em utilizar sistemas de informação com o intuito de tornar os serviços prestados mais acessíveis, eficientes e atractivos. A evolução das novas tecnologias aliada à utilização crescente de computadores e da Internet como meio de pesquisa, comunicação e divulgação de informação, despertou a atenção do sector público e privado para a utilização de sistemas de informação computadorizados.

Nos dias que correm, a informação digital está presente na vida profissional de muitos trabalhadores e presta, cada vez mais, auxílio nas diversas tarefas quotidianas de qualquer cidadão comum. A utilização de sistemas de informação ao público surge como resposta às necessidades dos cidadãos, atendendo a um aumento da consistência e acessibilidade do serviço prestado, contribuindo para a satisfação dos utilizadores.

Os sistemas de informação ao público (SIPs) são concebidos segundo uma arquitectura específica e são apresentados ao público-alvo através de interfaces gráficas que descrevem as tarefas do serviço que lhe está associado. O desenvolvimento de aplicações de desktop que definem a interface com o utilizador foi substituído, em determinados sistemas, pela disponibilização de interfaces através de um navegador de páginas Web (*Web browser*). A Web apresenta inúmeras vantagens na implementação de sistemas de informação orientados à disponibilização de serviços públicos ou privados. Dois dos principais benefícios inerentes à concepção de uma aplicação Web assentam na portabilidade e flexibilidade do sistema. Da mesma forma, a utilização de sistemas Web permite a disponibilização dinâmica de informação, ou seja, a informação é apresentada consoante a audiência a que se destina. Os SIPs podem ser encontrados em várias entidades e instituições como hotéis, hospitais, centros comerciais, locais de prestação de serviços de transporte públicos (aeroportos, estações e metro e comboio, rodoviárias, portos), bancos, entidades governamentais, entre outros.

Os sistemas de informação ao viajante (SIVs) representam uma parte dos sistemas de informação ao público existentes. Os SIVs apresentam as informações úteis ao cidadão que pretenda realizar determinada deslocação recorrendo a um ou vários serviços de transporte públicos. A informação transmitida num SIV define diversas opções e condicionantes que intervêm directamente na tomada de decisão do passageiro antes, durante e após a viagem. Em cada uma das fases enunciadas (antes de efectuar a viagem, durante a viagem e após a realização da viagem), serão avaliadas as necessidades dos passageiros bem como aspectos fundamentais que permitem responder às carências verificadas. Um sistema de informação ao viajante pode ser constituído por diferentes módulos de telecomunicações com funcionalidades específicas. Os painéis digitais de informação ao público representam uma das soluções mais utilizadas para a disponibilização de informação útil ao passageiro, nomeadamente, informação em tempo-real.

A apresentação de informação em tempo-real (tempo de chegada e partida de veículos, localização de veículos, informação de ocorrência de acidentes, origem e destino de veículos, entre outras) contribui para um aumento da fiabilidade do serviço prestado.

Hoje em dia tem existido bastante preocupação na disponibilização de sistemas de informação ao público considerando a acessibilidade a todos os utilizadores, isto é, conferindo, para além dos serviços básicos disponíveis, as condições necessárias de acesso a pessoas com limitações físicas.

1.2. Objectivos

O cenário de realização desta dissertação está integrado nos serviços prestados pela empresa EFACEC, na idealização, concepção e instalação de soluções de sistemas orientados à gestão de serviços de transportes públicos.

O sistema projectado enquadra-se num panorama privado. A proposta da empresa EFACEC baseia-se no desenvolvimento de um sistema de gestão dos serviços de metro, destinado aos operadores responsáveis pelo centro de comando. O centro de comando é constituído por equipamentos de rede e aplicações de operação, fundamentais na gestão dos vários dispositivos localizados nas estações de metro, que interagem directamente com o passageiro (painéis digitais, monitores, dispositivos *touch-screen*, dispositivos áudio, entre outros).

O sistema a desenvolver deverá disponibilizar dados em tempo-real relativos à localização de veículos e estado do serviço de transporte prestado. A informação em tempo-real apresentada ao operador permite maior controlo do serviço, proporcionando um aumento da facilidade de detecção de falhas e acidentes.

O desafio colocado pela empresa, que esteve na base do projecto de dissertação, consiste na concepção de uma solução que permita estender as funcionalidades de operação e administração de painéis digitais a uma interface gráfica disponível através de um *browser*.

Para a concretização do projecto foi necessária a definição de um módulo de software adicional (*Web service*) responsável pela interacção entre a aplicação cliente e as bases de dados do sistema e os serviços existentes na empresa.

A aplicação cliente desenvolvida pode ser definida segundo dois blocos operacionais: gestão de painéis de informação (sistema de informação ao viajante) e disponibilização de informação em tempo-real do estado e localização dos veículos num mapa geográfico (sistema de informação geográfica).

Entre as principais vantagens de concepção do sistema, destacam-se a mobilidade e a eliminação de instalações de software adicionais para acesso aos serviços.

Para a definição da arquitectura, especificação dos requisitos e funcionalidades, foi utilizada uma ferramenta de modelação de sistemas que permite a construção de diagramas UML, que definem as capacidades e utilização do sistema por parte do actor (operador).

O desenvolvimento da solução de software envolveu uma pesquisa cuidada das principais tecnologias de suporte ao desenvolvimento do cliente e do *Web Service* que integram a arquitectura definida. As principais tecnologias e ferramentas que constituem a solução final são, ao nível do cliente, javascript, e ao nível do *Web service*, a API (aplicação) Jax-WS (pertencente ao standard J2EE). Entre os serviços externos utilizados estão a API Google Maps, os serviços para operação nos painéis e o sistema de informação geográfica. A informação associada à operação sobre os painéis é armazenada numa base de dados SIP e os dados geográficos, que definem as coordenadas da área envolvente no serviço prestado, estão localizados numa base de dados PostgreSQL.

A aplicação desenvolvida pretende responder a todos os parâmetros definidos nos parágrafos anteriores em termos funcionais e arquitecturais, traduzindo uma solução que satisfaça os requisitos impostos e corresponda às expectativas do cliente.

1.3. Organização da Dissertação

Esta dissertação é constituída por cinco capítulos.

No capítulo 2 é apresentado o estado da arte relativo aos sistemas de informação ao público existentes, entre os quais se destaca o sistema de informação ao viajante.

No capítulo 3 é efectuada uma análise das principais tecnologias utilizadas na construção de sistemas de informação ao viajante.

No capítulo 4 são apresentadas a solução *desktop* existente na empresa e a nova solução desenvolvida numa plataforma Web. Este capítulo apresenta o resultado do processo de modelação UML do sistema.

O capítulo 5 descreve as fases de implementação da solução de software que esteve no âmbito da realização desta dissertação, apresentando as tecnologias utilizadas na concepção do sistema (ao nível do cliente e servidor).

2. Estado da Arte

2.1. Sistemas de Informação ao Público

Um sistema de informação ao público (SIP) disponibiliza um serviço ou fornece suporte a processos que envolvam público em geral, isto é, é um sistema utilizado por actores com diferentes actividades que permite a disponibilização de conteúdos informativos essenciais, mediante a actividade em que está inserido. A informação gerada por um sistema de informação ao público, quando reutilizada por outros processos ou serviços, proporciona um aumento de qualidade e eficiência dos mesmos.

Os sistemas de informação ao público existem desde sempre e têm vindo a progredir face ao crescente recurso a novas tecnologias e à adopção de sistemas de informação computadorizada que surgem como resposta às necessidades de uma sociedade moderna e tecnologicamente desenvolvida.

Os SIPs são destinados ao público, isto é, um conjunto de pessoas, por exemplo qualquer cidadão de uma sociedade. Da mesma forma, estes sistemas podem ser destinados a empresas ou organizações bem como agências e instituições governamentais que necessitem de aceder aos mesmos serviços prestados ao cidadão individual.

As soluções de sistemas associados a serviços administrativos ou legislativos têm sido cada vez mais adoptadas pelos governos regionais, a fim de disponibilizar aos cidadãos informação útil e acesso a serviços e programas governamentais. Como exemplo, o conceito *e-government* tem adquirido cada vez mais popularidade fornecendo vantagens em termos de facilidades de acesso a serviços e comunicação entre governo e cidadãos, que contribuem em grande parte para a organização das diversas áreas de actividade pública.

2.1.1. Constituição dos sistemas de informação ao público

Um SIP presta um determinado serviço ou auxilia o público-alvo na execução de tarefas associadas a um serviço, através da disponibilização da informação adequada a esse fim. A informação é adquirida a partir de um sistema construído segundo uma arquitectura específica.

Entre as questões mais importantes que devem ser tomadas em consideração na construção de sistemas de informação destinados à prestação de serviços relacionados com actividades públicas, destacam-se a avaliação do utilizador do sistema, segurança, localização, o tipo de sistema e o modo como a informação é disponibilizada.

O sistema deve ser construído consoante o tipo de utilizadores a que se destina e o ambiente em que está inserido. É fundamental efectuar uma análise prévia do tipo de utilizadores aos quais se destina o sistema, a fim de produzir uma solução adequada às necessidades, capacidades e limitações que apresenta.

A utilização crescente de computadores, informação digitalizada e sistemas de informação computadorizada conduzem à necessidade de implementação de soluções que contornem possíveis problemas associados à segurança e vulnerabilidade do sistema em si.

A informação disponibilizada num sistema de informação ao público deve ser coerente e concisa a fim de satisfazer as necessidades do público a que se destina. Assim, as fontes de informação desempenham um papel fundamental para a construção de um sistema fiável e sustentável. Os meios físicos utilizados na transmissão de informação são determinantes para o desenho do sistema e a definição de uma arquitectura precisa que responda aos requisitos impostos pelo serviço disponibilizado.

A imagem seguinte traduz a relação entre as principais camadas que constituem um sistema de informação ao público: serviços, informação (dados) e soluções técnicas de implementação do sistema.

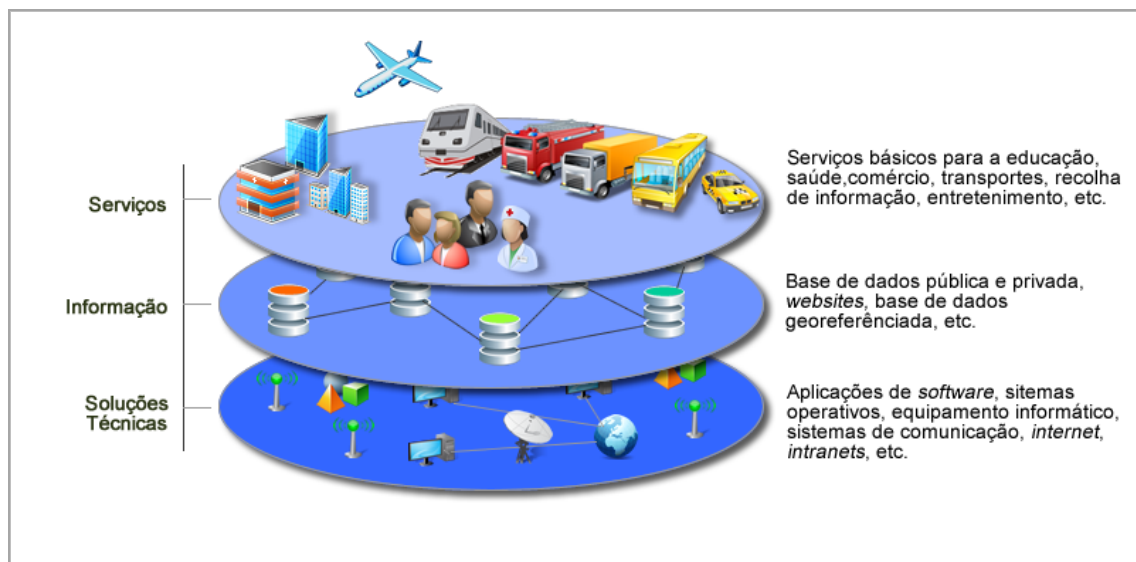


Figura 1 – Constituição do SIP [1]

2.1.1.1. Serviços

A evolução e uso sistemático de novas tecnologias, associada às facilidades e benefícios na obtenção e acesso ao conhecimento que lhes são inerentes, conduziram rapidamente a alterações notáveis no modo de vida de qualquer cidadão [1].

A quantidade de informação indispensável ao funcionamento de serviços públicos de diversas áreas, traduz a necessidade de implementação de sistemas adaptados, que visam facilitar e conceder auxílio à realização de tarefas, conferindo maior acessibilidade, fiabilidade e segurança nos serviços prestados.

O aumento de acessibilidade de um sistema de informação público pode traduzir-se, por exemplo, na disponibilização de serviços e informações (tráfego, condições meteorológicas, a venda de bilhetes de transporte públicos online, entre outros) associadas ao sector público ou informações de interesse público, em *Websites* disponíveis 24 horas por dia a qualquer utilizador da rede.

A actualização simples de informação digital proporciona ao administrador do sistema a fácil manutenção e sustentabilidade dos dados processados e transmitidos ao utilizador.

A utilização de novas tecnologias e a transmissão de informação fiável transmitem segurança ao utilizador.

2.1.1.2. Informação

A informação é o principal elemento de um sistema de informação ao público. Durante a concepção do SIP, deverão ser tomados em conta aspectos essenciais que colaborem na manutenção da credibilidade e veracidade dos dados disponibilizados e façam face às necessidades do público, dentro do âmbito de desenvolvimento do sistema em si. A análise do serviço inerente à construção do sistema referido permite dar resposta a questões relacionadas com o tipo de informação a ser transmitida, o modo como é obtida a informação e a forma como a informação chega ao público-alvo (meios físicos de transmissão).

A tabela seguinte descreve alguns dos aspectos consideráveis na disponibilização da informação ao público:

Disponibilização de informação ao público	
Tipo de informação transmitida	Informação de tempo (chegadas e partidas) Informação de possíveis atrasos nas linhas Informações de acidentes Informação de localização (ex: próxima estação) Informação Multimodal (informação relativa a sistemas ou nós que interagem entre si) Publicidade
Fontes de informação	Sistemas localização automática de veículos Sistemas de controlo de tráfego Sistemas de detecção de acidentes Sistemas meteorológicos
Disponibilização de informação	A informação pode ser transmitida através de <i>Websites</i> , <i>touch screens</i> , painéis digitais e ecrãs localizados em pontos de acesso aos serviços de transporte público, dispositivos móveis.

Tabela 1 – Exemplos de aspectos consideráveis na disponibilização de informação num SIP

Bo Sundgren [1] considera os seguintes tipos de informação disponibilizada num sistema de informação:

Informação de operação, isto é, dados fornecidos directamente por um utilizador activo que pretende realizar determinada tarefa ou obtidos de uma base de dados (por exemplo dados processados em *websites* no login e registo de utilizadores).

Informação de procedimento, é informação relativa a regras e procedimentos a serem implementados (por exemplo, associada a processos administrativos).

Informação analítica, informação produzida através de estatística e análise da eficiência e qualidade do processo/ serviço disponibilizado.

Metadata, informação que permite avaliar a informação que é disponibilizada, isto é, caracteriza a informação que é disponibilizada ao público e pode auxiliá-lo na tarefa de interpretação desses mesmos dados. A metadata caracteriza a qualidade, a quantidade e o modo como os dados são transmitidos e interpretados.

Informação de processo, considerada como uma subcategoria da metadata, é a informação adjacente à eficiência do processo e à resposta positiva ou negativa do público face à qualidade da informação disponibilizada.

Informação de arquivo, todos os registos colectados e armazenados que constituem um histórico de operação e interacção com os processos.

A identificação de diferentes tipos de informação permite avaliar a importância associada à existência de métodos de armazenamento de dados relevantes ao funcionamento do sistema, eliminando a constante requisição de informação ao utilizador (como dados pessoais e informações de login).

Os dados guardados podem, para além disso, ser utilizados em estatísticas ou estudos realizados a fim de determinar a eficiência e o grau de apreciação do utilizador. A informação referida possibilita uma análise geral que engloba a verificação de cumprimento de requisitos impostos e do nível de resposta às necessidades que estiveram na base da implementação do sistema. Da mesma forma, manter um histórico de eventos de utilização pode ser bastante útil na tarefa de identificação de tendências e hábitos do utilizador, dados que contribuem para o aperfeiçoamento das funcionalidades e aumento de performance.

Por fim, importa ainda salientar a importância de existência de metadata num SIP, isto é, informação adicional capaz de caracterizar e/ou complementar a informação disponibilizada que permita ao utilizador interpreta-la de forma adequada (apresentação de sinónimos para termos técnicos, descrição de conceitos utilizados, entre outros).

2.1.1.3. Implementação técnica do sistema

Os requisitos técnicos associados à implementação de um sistema de informação ao público são essencialmente: sistema operativo que permita o acesso a aplicações de software necessárias para o processamento da informação, equipamento informático (computadores, dispositivos de rede) e sistemas de comunicação (Internet, Intranets) responsáveis pelo estabelecimento de interoperabilidade entre os dispositivos de hardware que constituem o sistema.

Os SIPs servem de complemento aos sistemas convencionais. Um SIP pode ser constituído por módulos de hardware e software (nós) distintos que comunicam entre si permitindo que a informação circule entre os diversos componentes que o definem (comunicação entre nós de um sistema ou entre sistemas que interagem entre si).

A disponibilização de informação em tempo-real tem vindo a adquirir cada vez mais importância conferindo maior credibilidade ao sistema. Esta informação é normalmente obtida a partir de sistemas de localização ou sistemas de controlo e é processada por computadores onde estão armazenados dados adicionais (por exemplo tabelas de horários em sistemas de informação ao passageiro) que permitem disponibilização da previsão do estado do serviço nos minutos seguintes. Os dados em tempo-real podem ser disponibilizados por dispositivos situados em locais de paragem de veículos (como estações e aeroportos), na Internet ou em aplicações destinadas a dispositivos móveis.

A Internet é um meio de obtenção de informação útil de forma fácil e rápida. A disponibilização de SIPs na internet torna mais eficiente a comunicação entre utilizador e produtor (cidadãos, empresas e entidades governamentais). O utilizador tem possibilidade de aceder e analisar informação de diferentes fontes que contribui para a avaliação das alternativas que dispõe para realização da viagem pretendida.

2.2. Sistema de Informação ao Viajante

Nos dias que correm, tem-se assistido a um aumento da preocupação dos governos em financiar soluções destinadas ao sector dos transportes públicos para a disponibilização de conteúdos úteis à civilização, que desempenhe em simultâneo um papel importante na preservação ambiental e na redução de consumos energéticos, sensibilizando o indivíduo para a utilização de transportes alternativos.

O utilizador de um SIP procura maior qualidade, rapidez, eficiência e conforto, um serviço disponibilizado de forma simples e acessível, caracterizado por um desempenho eficaz e pela sofisticação, aliada às novas tecnologias da comunicação, que auxilie na tomada de decisões e o mantenha informado.

O campo da informação é considerado um dos pontos mais importantes no serviço de transportes e viagens, onde o fornecimento de informação fiável e relevante é crucial e contribui para a concepção de SIVs (sistemas de informação ao viajante) que procuram satisfazer clientes habituais e atrair futuros clientes.

Os serviços de informação ao viajante foram inicialmente usados para gestão interna do serviço de transportes, mas rapidamente deram origem a interfaces gráficas que interagem directamente com os clientes. A qualidade da interface gráfica apresentada determina a aceitação do sistema por parte do utilizador. É por isso importante o desenvolvimento de um sistema tendo em conta não só a fiabilidade da informação disponibilizada como também a simplicidade, acessibilidade e aceitação do mesmo por parte do utilizador.

A tabela seguinte faz referência a alguns exemplos de informação disponibilizada dentro de redes internas e a informação transmitida ao passageiro.

Tipo de Informação	Descrição
Informação destinada à rede interna	Definição dos serviços prestados Horários de transportes Informação relevante à monitorização de serviços.
Informação destinada ao público	Itinerários (planeamento) Horários (planeamento) Modos de transporte (planeamento) Tempo de espera (durante a deslocação) Perturbações na linha

Tabela 2 – Tipo de informação disponibilizada num SIV

A informação transmitida em dispositivos de *hardware* que interagem directamente com o passageiro em locais de acesso e paragem de veículos pode traduzir-se em mensagens visuais (disponíveis em painéis digitais de informação ao público) ou sonoras (emitidas através de dispositivos de sonoros).

As mensagens visuais são complexas e longas, normalmente mensagens de localização não destinadas a despertar acção imediata do passageiro. O uso de mensagens visual é benéfico quando existe demasiado ruído na estação ou quando as mensagens difundidas em dispositivos sonoros contribuem para um aumento considerável do ruído. O passageiro adquire a informação sem se movimentar. As mensagens sonoras são normalmente mensagens simples e curtas que estejam relacionadas com eventos no momento e que despertam a acção imediata do passageiro. São úteis quando existem demasiadas imagens e informação visível. O passageiro movimenta-se ao mesmo tempo que adquire a informação.

2.3. Análise das necessidades do passageiro

Entre os principais factores essenciais ao planeamento de uma viagem estão a obtenção de informações relativas a tabelas de horário, tempo dispendido durante a deslocação e o local de paragem de veículos.

Os sistemas de informação ao viajante procuram responder a questões colocadas pelos passageiros antes, durante e após a viagem, de forma a antecipar ou reduzir problemas que possam enfrentar.

Na análise efectuada pela Comissão Europeia no ano de 1999 [2], são tomadas em consideração as necessidades, tarefas e actividades dos viajantes. As metodologias de análise das tarefas dos utilizadores permitem o desenho e optimização de sistemas dando origem a soluções adaptadas e personalizadas que respondam às suas necessidades como viajantes. A avaliação efectuada teve origem em inquéritos feitos a 150 passageiros de 4 países Europeus: Bélgica, França Alemanha e Finlândia.

2.3.1. Necessidades avaliadas relativas ao passageiro comum

A programação de uma viagem pode ser vista como um processo dinâmico onde o utilizador (passageiro) desempenha tarefas fundamentais como análise, planeamento e tomada de decisão. A informação necessária ao viajante durante o processo de ponderação e decisão pode traduzir-se na análise do diagrama seguinte:

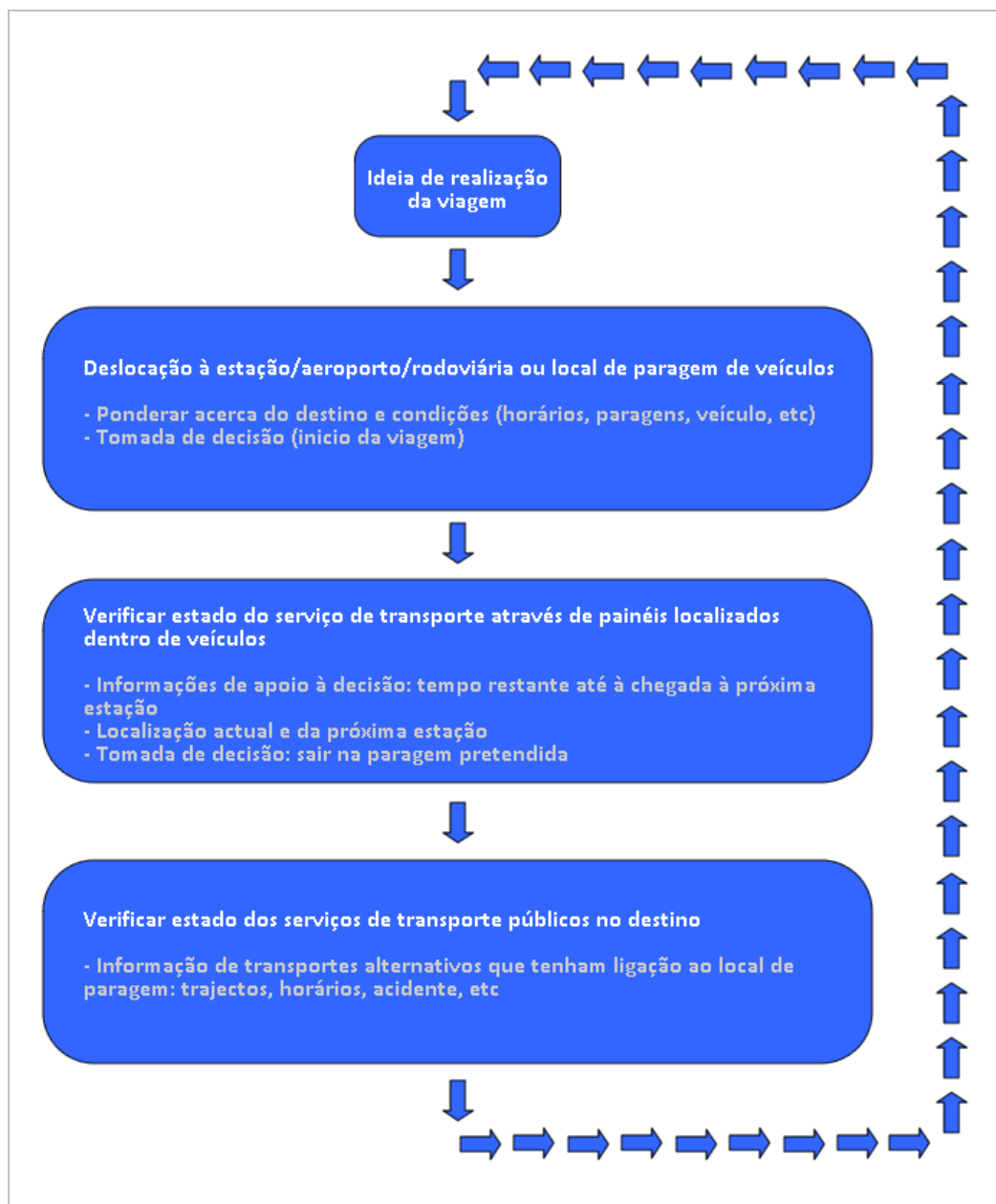


Figura 2 - Necessidades avaliadas relativas ao passageiro comum

O passageiro determina o motivo e tarefas inerentes à deslocação que pretende efectuar. A deslocação ao local de acesso ao serviço de transporte caracteriza-se pela avaliação por parte do passageiro de questões como horário de funcionamento e tabelas de horários de chegada e partida de veículos. A informação disponibilizada dentro de veículos permite a avaliação dos destinos possíveis e do tempo dispendido durante a viagem. Na chegada ao destino, o passageiro poderá ter necessidade de obter informações associadas aos transportes alternativos que tenham ligação com o local onde se encontra.

2.3.1.1. Informação adquirida antes da viagem

A informação adquirida antes da realização da viagem possui um papel importante na definição das necessidades do viajante consideráveis na deslocação que pretende efectuar. Nesta fase, o indivíduo interroga-se acerca das tarefas que necessita de executar, quando e como serão executadas.

O viajante pode ter acesso a informações através de painéis eletrónicos dispostos nas ruas, folhetos informativos, linhas telefónicas de apoio associadas às redes de transportes, da Internet ou poderá programar a viagem de acordo com dados ou conclusões adquiridas em experiências anteriores.

A tabela seguinte apresenta uma análise das principais fontes de informação:

Fonte	Vantagens/Desvantagens
Painéis eletrónicos	Os painéis eletrónicos disponibilizados nas ruas contêm informações relativas aos municípios que podem abranger aspectos associados aos serviços de transporte público.
Folhetos Informativos	Os folhetos informativos distribuídos contêm normalmente informações importantes como tabelas de horário ou mapas com representação dos trajectos abrangidos pelo serviço de transporte.
Linhas telefónicas	<p>Uma das desvantagens associadas à utilização das linhas de apoio assenta no facto das informações disponibilizadas nem sempre satisfazerem as necessidades dos viajantes [2].</p> <p>Da mesma forma, os tempos de espera das linhas de apoio contribuem para o descontentamento dos viajantes.</p> <p>Outra desvantagem assenta no facto do cliente necessitar de conhecer o número da linha e, por vezes, o horário de funcionamento do serviço é limitado.</p>

Fonte	Vantagens/Desvantagens
Internet	<p>É uma fonte de informação sempre disponível. As empresas prestadoras de serviços de transporte têm adoptado cada vez mais a utilização de sistemas de informação ao viajante online (<i>Websites</i>) que têm recebido bastante aceitação por parte do público-alvo.</p> <p>O viajante pode obter informações relativas ao serviço de transporte a qualquer momento necessitando apenas de um computador com ligação à Internet.</p> <p>O utilizador da rede não necessita de saber o endereço associado ao serviço que pretende consultar, existem motores de busca que facilitam a tarefa de acesso às páginas pretendidas.</p> <p>No entanto, podem existir situações em que as informações não estejam disponíveis num site online, ou quando disponibilizadas, não respondam totalmente às necessidades do utilizador.</p> <p>A eficiência de um <i>Website</i> como sistema de informação ao público depende de diversos factores entre os quais a qualidade da informação disponibilizada, a forma como é disponibilizada e a forma como chega ao cliente (qualidade da interface gráfica).</p>
Experiências Anteriores	Experiências anteriores definem a forma como o indivíduo actua em situações similares ou equivalentes. O viajante toma decisões baseadas nas suas experiências que traduzem, entre outras coisas, a qualidade do serviço prestado.

Tabela 3 – Análise das principais fontes de informação

2.3.1.1.1. Necessidades Identificadas

As necessidades identificadas relativamente à informação colectada antes da viagem são:

- Identificação do melhor trajecto tomando em consideração aspectos como distância até a ponto de chegada e segurança.
- Custos associados à viagem e modo de reserva de bilhetes.
- Horários de chegada e partida de veículos e ligações entre redes de transporte.
- Ligações entre veículos da mesma rede e alterações de horários.

Apesar da utilização de viatura própria representar maior conforto, em situações de agravamento das condições meteorológicas, congestionamento ou passagem por zonas menos seguras podem levar o passageiro a trocar o carro pelos serviços de transporte públicos.

Da mesma forma, em situações em que o viajante opta por se deslocar até à estação, aeroporto ou porto usando carro próprio, torna-se proveitosa a recolha de informações de estacionamento e acidentes nas vias.

2.3.1.1.2. Principais condicionantes no processo de ponderação

Os principais factores que condicionam a forma como o viajante programa uma deslocação tomando a decisão mais satisfatória são: custo da viagem, estado do serviço de transporte (em termos de possíveis distúrbios ou acidentes nas linhas e em termos de frequência), horários, conforto, acessos para pessoas com limitações e qualidade do serviço.

O facto de poder existir pouca informação nesta fase de planeamento da viagem faz com que o viajante por vezes considere alternativas à utilização de transportes públicos como o uso de viatura privada, ou determine que essa não é de todo uma tarefa vantajosa optando mesmo por não se deslocar.

Após a avaliação das condições de realização da viagem, o passageiro opta pelo serviço que lhe permita realizar a viagem com as melhores condições, despendendo o menor tempo possível através da selecção do percurso mais conveniente, evitando áreas de congestionamento e locais menos seguros.

As informações que chegam ao passageiro são essencialmente: informações geográficas através de mapas, informações de tempo (horários, duração das viagens, frequência de utilização, tempos de chegada e partida de veículos, tempo de espera), informação de veículos e linhas (trajectos, estações e número das linhas), informação de preços, reservas e informações relativas a possíveis alterações no serviço prestado.

2.3.1.2. Informação fornecida durante a viagem

2.3.1.2.1. Necessidades Identificadas

As informações necessárias na chegada a uma estação, aeroporto, porto ou rodoviária estão relacionadas com questões como orientação, localização e informação em tempo real de variáveis do serviço prestado. Qualquer informação obtida nesta fase poderá determinar as opções tomadas na fase anterior.

As necessidades dos passageiros avaliadas relativamente à informação difundida dentro de um veículo durante a viagem recaem essencialmente sobre a disponibilização de dados geográficos e apresentação de informação em tempo-real. As informações em tempo-real são informações da duração da viagem (tendo em conta dados de possíveis acidentes ou atrasos nas linhas), tempo de espera e ligação entre veículos.

Quando não existe informação dentro de um veículo o passageiro necessita de combinar informações adquiridas em paragens e nas ruas durante o percurso efectuado de forma a determinar a sua localização. Assim, a transmissão dessa informação dentro do veículo confere um aumento da confiança e desconstracção do passageiro que adquire noção de onde está e quando terá de abandonar o veículo onde se desloca.

Informações como identificação das linhas ou número dos veículos mais próximos dos locais de paragem incluindo o local de destino, possibilitam ao viajante dar prosseguimento à viagem e programar as suas tarefas despendendo o menor tempo possível.

Durante a viagem, o passageiro tem acesso a mapas de trajectos efectuados pelos veículos e mapas da estação ou aeroporto (localização actual) bem como informações meteorológicas, informação em tempo-real (chegada e partida de veículos e tempo de espera) e informações de preços.

2.3.1.3. Informação necessária após a viagem (chegada)

2.3.1.3.1.1. Necessidades Identificadas

As informações colectadas pelo passageiro antes e durante a viagem permitem a programação de uma viagem segura, respeitando todas as necessidades e requisitos impostos pelo mesmo e fornecendo uma experiência confortável, comportável e satisfatória.

As necessidades do passageiro quando chega ao seu destino são essencialmente de cariz geográfico, isto é, indicações dentro das cidades como sinais que informam a localização de atracções turísticas ou locais de interesse público. Para além disso, por vezes são também necessárias informações relativas à viagem de retorno como por exemplo horários de funcionamento dos serviços de transporte públicos. Nesta situação torna-se bastante útil a centralização de informação associada a redes de diferentes tipos de transporte públicos ligados ao local de chegada de passageiro (estações, aeroportos, portos, rodoviárias).

Um dos principais requisitos dos passageiros no final de uma viagem recai sobre a necessidade de sair do local de paragem e atingir o local de destino pretendido. Para isso torna-se fundamental o fornecimento de indicações (sinais, mapas, mensagens sonoras, mapas pessoais, entre outros) específicas que possam orientar os passageiros nesse sentido.

O passageiro capta os dados e, á medida que efectua análise da informação que lhe é transmitida antes, durante e após viagem ponderando questões como tempo, segurança e conforto na deslocação que efectua, adquire experiência. A experiência é um dos factores tomados em conta quando o passageiro chega ao destino e procura orientar-se num local desconhecido ou necessita de avaliar as condições de regresso ao local de origem.

2.3.1.4. Problemas que contribuem para o descontentamento do passageiro

A tabela seguinte resume alguns dos problemas enfrentados pelos passageiros que podem contribuir para uma avaliação negativa do serviço de transporte prestado.

Problema	Descrição
Falta de informação	Existência de poucos recursos de informação antes, durante e após a viagem contribuem para a insegurança e desconforto do passageiro tornando a viagem numa experiência pouco satisfatória e passando uma imagem negativa do serviço prestado. Quanto menor o número de passageiros, maior quantidade de informação deve ser disponibilizada [2] nos locais de acesso e paragem de veículos. Este facto deve-se à escassez de informação adquirida através de outros passageiros.
Disponibilização incorrecta de informação utilizando sistemas pouco eficientes ou difíceis de utilizar	A utilização de sistemas de informação mal elaborados torna as tarefas de pesquisa de informação bastante complexas contribuindo para o descontentamento do passageiro.
Fraca qualidade da informação ou informação pouco perceptível ao público	A informação disponibilizada deverá ser coerente e perceptível a qualquer passageiro.
Utilização de informação sonora não perceptível	Avisos sonoros não perceptíveis causam insegurança no passageiro tornando-o impaciente.
Informação desactualizada	Como exemplo, tabelas de horário não actualizadas podem fazer com que o passageiro não passe da primeira estação, aeroporto ou rodoviária.
Escasso fornecimento de informação em tempo real	O passageiro não possui indicação do tempo de espera ou da duração da viagem torna-se menos receptível a situações de longa espera.

Tabela 4 – Principais problemas que contribuem para o descontentamento do passageiro

2.3.1.5. Melhorias sugeridas pelos viajantes [2]

A tabela seguinte apresenta algumas melhorias apontadas pelos passageiros associadas ao serviço de transporte público prestado.

Melhoria	Descrição
Utilização de Mapas geográficos	Utilização de mapas geográficos para representação das linhas com diferentes cores, identificação de estações ou pontos de paragem de veículos com respectivos nomes e locais públicos de referência.
Actualização das tabelas de horário	<p>Disponibilização de tabelas de horário e mapas em todas as paragens, aeroportos, estações e rodoviárias.</p> <p>Disponibilização de informação de horários actualizada em tempo-real em painéis electrónicos.</p> <p>Disponibilização de horários de diferentes redes de transporte mais detalhados e devidamente actualizados.</p> <p>Adopção de um vocabulário uniforme, isto é, a apresentação da informação de forma perceptível a todos os passageiros, os dados fornecidos devem ser coerentes e de fácil análise por parte do público a que se destina.</p>
Existência de informações de estacionamento e acidentes nas ruas	Existência de informações de estacionamento e acidentes nas ruas que forneçam auxílio em situações em que se torna necessária a deslocação em viaturas próprias.
Qualidade da informação	<p>A informação deve ser perceptível, de fácil acesso e devidamente actualizada.</p> <p>Disponibilização de informação relativa a possíveis alterações no serviço prestado.</p> <p>Disponibilização indicações de utilização de máquinas ou dispositivos que dão acesso aos sistemas de informação.</p>

Tabela 5 - Aspectos que contribuem para a melhoria dos serviços de transporte público

2.3.2. Necessidades de pessoas idosas ou com limitações físicas

Um dos principais objectivos da implementação de sistemas de informação passa pela prestação de auxílio em tarefas simples ou complexas, nas quais o acesso à informação é imprescindível, facilitando a tomada de decisão de qualquer passageiro.

Para que a informação possa chegar a todos os passageiros, devem ser considerados aspectos que façam face às limitações dos mesmos.

2.3.2.1. Aspectos que respondem aos problemas detectados

Um dos aspectos fundamentais que permitem responder a limitações de passageiros passa pela disponibilização de informações em painéis ou qualquer dispositivo acessível ao passageiro tomando em conta questões de localização/posição adequada de teclados ou outros dispositivos de interacção com o público (como exemplo o posicionamento de teclados relativamente baixo, acessível a um passageiro que se desloca numa cadeira de rodas).

A disponibilização de informação na Internet poderá possibilitar a impressão de conteúdos posteriormente utilizados pelo passageiro.

Existem soluções que podem ser facilmente controlados por pessoas com limitações físicas, que dispõem de diferentes estratégias de activação do sistema (disponibilizando, por exemplo, um botão de activação devidamente identificado, ou permitindo que essa tarefa seja executada através da voz). Para além disso, é importante que a interface tenha opção de disponibilizar informação sonora que auxilie o passageiro com dificuldades visuais. Da mesma forma, pretende-se que a informação visível seja simples e fácil de encontrar e compreender.

Aspectos como a utilização de tipos de letra perceptíveis e com dimensão apropriada devem ser tomados em consideração contribuindo para a correcta interpretação das mensagens por pessoas que dificuldades visuais.

A sinalização dentro das estações, aeroportos, rodoviárias ou portos deve constar em locais de maior visibilidade, utilizando cores ou imagens que despertem a atenção do passageiro ao mesmo tempo que transmitem os conteúdos informativos.

A mesma informação poderá ser transmitida de diferentes formas, isto é, o sistema deverá permitir que a informação seja apresentada ou complementada através de dispositivos visuais e sonoros diversificados (mensagens sonoras, cartazes afixados, documentos em papel, entre outros).

O espaço destinado aos passageiros deve manter-se aberto, com área suficiente à circulação de pessoas com limitações (como exemplo, pessoas com cadeiras de rodas) e adaptado às suas necessidades de movimentação.

O tempo entre uma mensagem de aviso que desperte a acção do passageiro até ao momento em que está prevista a acção em si deverá ser superior.

As informações devem ser fornecidas da forma mais simples possível utilizando tabelas de horário disponíveis em papel ou em cartazes afixados. Por vezes a utilização de sistemas electrónicos representa um entrave no acesso à informação por parte de pessoas mais idosas ou que não estejam familiarizadas com dispositivos e sistemas semelhantes. Normalmente o idoso opta por procurar obter informações através de colaboradores ou outros passageiros.

Entre a informação útil a pessoas com limitações destacam-se a localização de acessos adaptados às suas necessidades e a disponibilidade de veículos adaptados, para que possam prosseguir a sua viagem quando chegam à estação, aeroporto, porto ou rodoviária de destino.

2.3.2.2. Informação necessária a pessoas idosas ou desabilitadas

Devem ser consideradas alguns aspectos simples que contribuem para o conforto e segurança dos passageiros e que, em simultâneo, permitem responder a limitações apresentadas por pessoas idosas e desabilitadas.

A informação do tempo disponível para a deslocação desde o local de espera até ao local onde se encontra o veículo e o tempo disponível até ao momento da partida permite contornar alguns problemas enfrentados por pessoas que apresentem as características referidas. A informação do tempo de espera permite que o passageiro organize o tempo que dispõe até ao momento de partida.

A reunião das condições exigidas de acessibilidade (por exemplo, a adaptação de sanitários e do espaço garantindo a mobilidade de pessoas com cadeiras de rodas) e disponibilização de telefones de informações em locais visíveis, contribuem para o conforto dos passageiros conferindo-lhe as condições necessárias tendo em conta as limitações que possam apresentar.

A disponibilidade de lugares destinados a pessoas com deficiências dentro dos veículos e em parques de estacionamento é outro ponto fundamental a considerar.

A disponibilização de mapas que permitam determinar percursos pedonais até estações ou terminais facilita a programação da viagem ao passageiro com limitações físicas.

Outra das considerações a efectuar passa pela disponibilização de informações de horário de funcionamento dos serviços prestados, preços e indicação de locais de compra de bilhetes em locais facilmente identificáveis.

2.3.2.3. Exemplo de soluções existentes

A preocupação dos operadores de transportes públicos em satisfazer as necessidades das pessoas idosas ou com deficiências e as dificuldades que enfrentam no acesso a serviços tem vindo a aumentar. A tabela seguinte demonstra algumas soluções existentes que contornam os problemas inerentes às limitações do passageiro [3].

Solução	Local	Solução Existente	Fontes/Apoios
Informações sonoras de tabelas de horário	West Yorkshire's Metro	Criação de um sistema de voz que fornece informações de tabelas de horário e informação em tempo-real através de um telefone, juntamente com informações disponibilizadas por SMS ou através da WEB.	Não são referidas fontes/apoios
Utilização de Sinais Sonoros	Newcastle City Council (2009)	Introdução de sistemas reactivos a um cartão electrónico (<i>fob</i>) montados em sinais, postos de luz ou paredes que fornecem mensagens auditivas de localização ao passageiro que o transporta.	Nexus (http://www.nexus.org.uk) Concelho de Administração da Cidade de Newcastle, Fundo Social Europeu
Mapas de acesso a hospitais	Manchester	Disponibilização de guias de acesso disponibilizando mapas e informações úteis de acesso a hospitais.	GMPT - Public Transport information for Greater Manchester, UK (www.gmpte.com)

Tabela 6 – Soluções existentes que fornecem apoio a pessoas idosas na utilização de SIVs

Para que a informação que chega ao passageiro seja fiável, coerente e perceptível, proporcionando conforto e segurança ao público a que se destina, são utilizados sistemas com modelos de transmissão de dados em tempo-real, baseados em métodos preditivos que permitem estimar o funcionamento e o estado futuro do sistema.

2.4. Aspectos fundamentais associados à disponibilização de SIVs

Avaliando a análise efectuada relativamente às necessidades dos passageiros, são destacáveis algumas medidas fundamentais ao processo de implementação de um sistema que contribuem para a satisfação do cliente (passageiro):

- A disponibilização de equipamentos de acordo com as necessidades e as condições de acessibilidade do público-alvo, isto é, é importante que o sistema se adapte às limitações físicas do público-alvo. Aspectos como a orientação e posicionamento de um terminal de informação, a localização do teclado, o tipo de letra e as cores utilizadas bem como o envio de mensagens de som permitem que o sistema esteja acessível ao público em geral.
- O fornecimento de funcionalidades de impressão de informações úteis e bilhetes de acesso a serviços fornecendo alguma autonomia ao cliente.
- A disponibilização de sistemas que forneçam interactividade, a disponibilização de um serviço interactivo permite que o utilizador efectue uma pesquisa mais refinada tendo em conta as suas necessidades possibilitando aos provedores de serviços avaliar as preferências dos clientes e reunir dados estatísticos que visem melhorar e a aumentar a performance do sistema em questão. Da mesma forma, quanto mais inovadora e cativante for a interface disponibilizada maior interesse despertará no público-alvo.
- A disponibilização informação em tempo real, isto é, fornecer acesso a informações como o horário de chegada do próximo veículo ou o tempo de espera permite ao cliente uma melhor organização do tempo o que o torna mais receptível a questões de atrasos ou períodos de espera mais longos ao mesmo tempo que aumenta a fiabilidade do sistema.
- A disponibilização de informação personalizada e intuitiva, totalmente perceptível pelo cliente. Os dispositivos de difusão de informação devem estar localizados em pontos estratégicos de forma a que sejam perfeitamente visíveis pelos clientes durante períodos espera prolongados (em situações em que exista necessidade de utilização de dispositivos LED ou LCD para disponibilização da informação).

2.5. Dispositivos de disponibilização de informação ao viajante

O modo como a informação chega ao cliente pode servir como atractivo, isto é, a implementação de sistemas sofisticados em locais públicos pode despertar o interesse do cliente e determinar a avaliação que faz em relação ao serviço prestado. Da combinação de tecnologias de informação e telecomunicações, podem resultar ferramentas de apoio a serviços bastante eficientes e com elevada performance.

No estudo “*Review of Current Passenger Information Systems*” [4] efectuado pela Infopolis é feita uma análise dos principais sistemas de informação ao viajante no ano de 1998.

Os sistemas avaliados foram: terminais interactivos, *Websites*, terminais portáteis, painéis de estações, painéis situados em veículos.

2.5.1. Terminais públicos interactivos

São sistemas que disponibilizam informação ao público normalmente antes de uma deslocação, isto é, fornecem os dados fundamentais para a tomada de decisão por parte do utilizador. A informação disponibilizada recai sobre horários e trajectos dos veículos, informações turísticas ou de actividades culturais ou comerciais relativas ao local onde é disponibilizado o sistema. Este tipo de sistemas pode ser encontrado em estações ou em locais de paragem de veículos.

Segundo a análise efectuada a 27 sistemas em vários países da Europa em 1998, os terminais públicos disponibilizam essencialmente informação estática, embora em alguns países como Itália e Espanha, tenham sido identificados terminais que facultam dados em tempo real como informação do tráfego ou interrupções no serviço de transporte [4].

A informação chega ao público-alvo maioritariamente através de *touch-screens*, embora tivessem sido avaliados alguns sistemas que dispunham apenas de botões como meio de interacção com o utilizador. A informação é usualmente representada por mapas geográficos sendo que apenas 4 dos mapas avaliados apresentam características de interactividade com o utilizador. Para além disso, existia já preocupação por parte dos provedores de serviços em disponibilizar esta informação tendo em conta a acessibilidade e necessidades do público a que se destina. Os sistemas referidos estão devidamente equipados e preparados para serem utilizados por exemplo por pessoas com problemas de mobilidade (tomando em consideração a disposição do equipamento) ou visuais (envio de mensagens sonoras durante as operações efectuadas).

A maioria dos sistemas analisados possui já impressoras associadas permitindo ao utilizador adquirir em papel toda a informação útil, tendo sido avaliados ainda dois sistemas que dispõem de uma máquina de bilhetes.

O uso destes dispositivos associados aos sistemas de informação ao público representa um aumento imediato de performance e eficiência do sistema em si, provocando a redução da afluência aos postos de atendimento em estações ou locais de paragem de veículos e tornando o sistema mais completo na medida em que, permite que o cliente reúna todas as condições necessárias para iniciar a viagem auxiliando-o não só através da disponibilização de informação útil, mas fornecendo a possibilidade de aquisição do próprio bilhete.

Para além das características apontadas, foram ainda verificados sistemas que possuem sistemas de segurança, como alarmes, que permitem que o sistema seja desactivado em situações de vandalismo.

Por fim, importa ainda salientar que os sistemas avaliados apresentam ainda alguns pontos fracos nomeadamente relacionados com a qualidade da informação e a forma como era disponibilizada.

2.5.2. Websites

O crescente desenvolvimento de tecnologias Web permite que sejam construídas ferramentas bastante eficientes que permitem a disponibilização de vários tipos de informação. Como referiu *Wendy Boswell* [5], a Web pode ser vista como um conjunto de tecnologias que se interligam dando origem a um sistema totalmente extensível.

Um *Website* pode disponibilizar conteúdos ou serviços variados desde informação de horários de chegada e partida de veículos, passando pelas condições meteorológicas ou condições do tráfego, até a compra de bilhetes *online*. O conceito de extensibilidade e facilidade de integração de diferentes serviços ganha extrema importância na construção de um sistema de informação ao público. A Web permite a interligação de aplicações e serviços que fornecem conteúdos de diferentes fontes e em conjunto determinam a fiabilidade e qualidade do sistema.

Comparativamente aos terminais interactivos, o *Website* usa bases de dados e interfaces semelhantes, embora sejam disponibilizados não só por agências governamentais locais mas também por operadores comerciais de transportes públicos.

Segundo a análise efectuada pela Infopolis [4], os terminais interactivos fornecem maioritariamente informações úteis ao serviço de transporte como horários de chegada e partida de veículos. A divulgação de informação através de um *Website* acrescenta a possibilidade de disponibilização de informações mais detalhadas como, por exemplo, informações relativas ao estado do serviço de transporte ou condições meteorológicas. No entanto, apesar da capacidade disponibilização de dados úteis associada aos *Websites*, o acesso à informação torna-se por vezes mais complicado quando os conteúdos não são correctamente organizados, ou quando são utilizadas tecnologias e ferramentas mais sofisticadas (como java ou *shockwave*) que dificultam a utilização do site por pessoas que não acedam à internet com regularidade.

2.5.2.1. Utilização de *Websites* como sistema de informação ao público

A tabela seguinte apresenta algumas vantagens avaliadas na disponibilização de sistemas de informação ao público online.

Característica	Descrição
Acessibilidade	Acesso a conteúdos a qualquer altura. O utilizador necessita apenas de dispor do equipamento necessário para acesso (computador, PDA, telemóvel, entre outros) e de uma ligação à Internet. O acesso a informações de serviços é efectuado sem que seja necessária a intervenção de alguém associado à empresa/organização que presta o serviço.
Facilidade de disponibilização de conteúdos	Informação disponibilizada a toda a rede sendo necessário apenas um computador com acesso à internet e um browser.
Imagem	Representa uma das melhores ferramentas de divulgação de empresas e serviços permitindo, por exemplo, que a este nível pequenas empresas possam competir com grandes marcas. Um <i>Website</i> bem estruturado e apelativo fornece uma imagem inovadora que poderá traduzir a qualidade da empresa que representa, despertando o interesse do público em geral.
Informação Actualizada	A informação disponibilizada pode ser actualizada em qualquer altura. É fundamental que a informação fornecida ao cliente seja confiável e satisfaça as suas necessidades.
Pesquisa	Acesso a todos os tipos de informação. Informação disponibilizada de várias formas (vídeo, áudio, texto).
Comunicação	A Web é um dos melhores meios de comunicação entre pessoas e entidades empresariais. Para além disso, o envio e recepção de mensagens electrónicas permite uma comunicação mais rápida e fiável.
Publicidade	A Web possui um importante papel como meio publicitário. Como referiu <i>Wendy Boswell</i> [5], é possível efectuar pesquisas ou descarregar conteúdos para um telemóvel sem acesso à Web, o mesmo não acontecendo quando se pretende competir num mercado global de ideias ou comércio.
Linguagem	Possibilidade de disponibilizar conteúdos de <i>Websites</i> em várias línguas, aspecto fundamental a considerar num sistema acedido por qualquer indivíduo de qualquer parte do mundo.
Extensibilidade	Possibilidade de ligação com outros <i>Websites</i> de forma a complementar a informação disponibilizada.

Tabela 7 – Vantagens de Utilização de *Websites* como SIPs

Os *Websites* são considerados um dos melhores meios de disponibilização de informação devido às principais vantagens que lhes estão associadas. O número de websites associados a serviços de transportes públicos tem vindo a aumentar rapidamente. Segundo os sistemas avaliados [4], a utilização de tecnologias mais antigas deu lugar a tecnologias mais sofisticadas com melhores resultados em termos de qualidade da interface e maior rapidez de resposta.

Contudo, conclui-se que não é atribuída a mesma importância à acessibilidade e necessidades do público-alvo, os *Websites* avaliados possuem escassos meios capazes de responder a limitações do utilizador.

2.5.3. Dispositivos portáteis

O crescente desenvolvimento associado aos dispositivos de comunicação móvel como telemóveis e PDAs, permite que lhes sejam atribuídas novas funcionalidades que, com ou sem acesso à Internet, respondem de forma cada vez mais rápida e eficaz a necessidades dos utilizadores.

2.5.4. Painéis digitais

Os painéis digitais situados em estações de metro, estações de comboio ou num aeroporto, permitem fornecer informação útil ao viajante.

Os sistemas avaliados pela Infopolis [4] podem ser encontrados em paragens de autocarros e algumas paragens de metro. Entre as informações acessíveis ao cliente encontram-se informações em tempo real da chegada do próximo veículo, destino do veículo e tempo de espera.

Cerca de metade dos 38 sistemas avaliados dispõem de informações de estado do serviço. Relativamente ao tipo de dispositivos utilizados, foram considerados dispositivos LED e LCD em igual número. Em cerca de 25% dos locais avaliados foram considerados aspectos de acessibilidade a pessoas com limitações.

2.5.4.1. Disponibilização de informação em tempo-real

Os sistemas de informação ao público têm apresentado um aumento de eficiência e performance, atendendo ao recurso a novas tecnologias para a disponibilização de informação útil e à qualidade e precisão da informação transmitida. Resultados obtidos num estudo efectuado na Holanda no ano 2006 [6] relativamente aos efeitos da disponibilização de informação em tempo-real, revelam um aumento da frequência de utilização de transportes públicos, associado ao acréscimo de segurança e comodidade que os sistemas de informação oferecem.

As principais vantagens da transmissão de informação em tempo-real assentam em factos como redução da ansiedade dos passageiros, diminuindo a percepção de longos tempos de espera, o aumento da percepção de segurança, o aumento da confiança no sistema e a atribuição de uma imagem positiva ao serviço prestado.

A informação disponibilizada permite que o passageiro não perca tempo e dinheiro, e não tenha de se esforçar para adquirir dados necessários e fundamentais às tarefas que realiza antes, durante e após a viagem.

Para além disso, o acesso fácil e confiável à informação permite que o passageiro se abstraia de questões como horários de chegada e segurança adquirindo tempo para aproveitar a viagem de forma tranquila desfrutando de uma experiência satisfatória.

A informação em tempo-real é obtida através informação transmitida a partir dos veículos. Estando condicionada pela eficiência de operação de unidades de GPS, transmissão de sinais de rádio e por algoritmos de cálculo específicos.

2.5.4.2. Localização dos painéis

A localização dos painéis de informação condiciona o modo e a frequência de utilização do sistema contribuindo para determinar o grau de contentamento do público. Os passageiros apresentam preferência por dispositivos independentes situados ao lado do local de espera de veículos, perpendicular à trajectória do veículo quando efectua uma paragem [6].

2.5.4.3. Efeitos da informação disponibilizada

A tabela seguinte apresenta os principais factores avaliados no estudo efectuado em 2006 na Holanda [6] que contribuíram para o aumento da eficiência do sistema e da confiança atribuída pelos utilizadores:

Factor	Descrição
Tempo de Espera	A informação disponibilizada permite a diminuição da percepção do tempo de espera em cerca de <u>35% dos passageiros</u>
Utilização e localização dos painéis	Os dispositivos são utilizados por uma percentagem aceitável de passageiros, o estudo efectuado em 2006 [6] revela que cerca de 81% dos passageiros de uma linha utilizam os painéis de informação.
Qualidade e fiabilidade da informação	Apenas cerca de 53% dos passageiros depositam confiança na informação transmitida.

Tabela 8 – Possíveis factores que contribuem para o aumento da eficiência de SIVs

2.5.4.4. Melhorias associadas à disponibilização de informação em tempo-real

A informação pode estar disponível através de painéis electrónicos ou pode ser enviada para dispositivos móveis a partir de um serviço de SMS. Da mesma forma, os conteúdos de informação em tempo-real, podem ser consultados na Internet.

O passageiro pode movimentar-se dentro da estação, aeroporto ou rodoviária não deixando de ter acesso às informações. A informação é disponibilizada em painéis situados em locais estratégicos.

O conforto associado à segurança e fiabilidade da informação, contribui também para uma diminuição de cerca de 20% relativamente à percepção do tempo de espera [6].

2.6. Análise de soluções existentes

2.6.1. Empresas de desenvolvimento de sistemas de informação ao viajante

2.6.1.1. EFACEC [7]



Localização

Portugal (e em cerca de 65 Países em todo o Mundo)

Soluções

Constituída em 1948, a Efacec, representa o maior Grupo Eletromecânico Nacional de capitais portugueses.

O forte investimento na Inovação e no desenvolvimento de novas tecnologias, em articulação com as tecnologias de base, fazem com que a Efacec tenha sabido penetrar favoravelmente no mercado, posicionando-a na linha da frente da indústria portuguesa e nos mercados internacionais estando presente em mais de 65 países.

Estes factores são base para o crescimento e desenvolvimento sustentados do Grupo Efacec.

O portfólio de actividades da Efacec, identifica 3 áreas de negócio: Energia, Transportes e Logística e Engenharia, Ambiente e Serviços.

Dentro da área de transportes e logística são criadas soluções destinadas a 4 segmentos de mercado alvo: Metros Ligeiros e Ferrovias, metros Pesados, Transporte Rodoviário e Aeroportos.

Os três primeiros segmentos enunciados representam sistemas destinados à disponibilização de informação que define diversas opções e condicionantes que intervêm directamente na tomada de decisão do viajante antes, durante e após a viagem.

No projecto de dissertação desenvolvido são destacados os painéis digitais que constituem os sistemas visuais localizados em estações de metro. A imagem seguinte apresenta os painéis de informação ao público situados numa estação de metro do Porto.



Figura 3 – Solução EFACEC (Metro do Porto)

A imagem seguinte apresenta uma solução EFACEC na disponibilização de informação ao passageiro dentro dos veículos.



Figura 4 – Solução EFACEC (Metro do Porto)

2.6.1.2. ACIS [8]

Localização
Inglaterra



Soluções

Desenvolvimento de soluções inteligentes para serviços de transporte públicos englobando barcos, metros, comboios e autocarros. Para além disso, a Acis disponibiliza ainda uma aplicação acedida a partir de *touch-screens* destinados a habitações.

Empresas como a Acis têm vindo a desenvolver soluções tecnológicas associadas a sistemas de informação ao viajante. Os produtos Acis procuram auxiliar o público-alvo (cidadãos públicos) no planeamento de deslocações, ao mesmo tempo que demonstram interesse em chamar a atenção do utilizador para questões de responsabilidade social como preservação do ambiente.

2.6.1.2.1. AcisHome

O **AcisHome** [9] é uma aplicação para disponibilização de informação útil ao viajante destinada a dispositivos *touch-screen* localizados em habitações. O AcisHome surge como ferramenta de apoio à decisão para qualquer cidadão que pretenda programar uma deslocação, avaliando aspectos como informações em tempo real do estado dos serviços de transporte público locais incluindo: atrasos, definição de itinerários incluindo apenas zonas pedonais ou destinadas ao uso de bicicletas, informações do estado de parques de estacionamento, congestionamento nas vias, informações associadas a espaços de lazer (como horários de funcionamento de infra-estruturas desportivas) e notícias ou condições meteorológicas obtidas através de fontes online (como a BBC). Para além disso esta solução permite ainda fornecer informações e suporte à comunidade às autoridades locais. O sistema da Acis irá permitir no futuro o acesso a conteúdos educativos e dados estatísticos associados à quantidade de energia dispendida numa habitação.

A imagem seguinte apresenta a solução proposta pela Acis:



Figura 5 – Aplicação AcisHome (condições meteorológicas)

O AcisHome permite que a informação necessária à programação de uma deslocação esteja acessível ao cidadão sem que seja necessário sair da sua habitação.

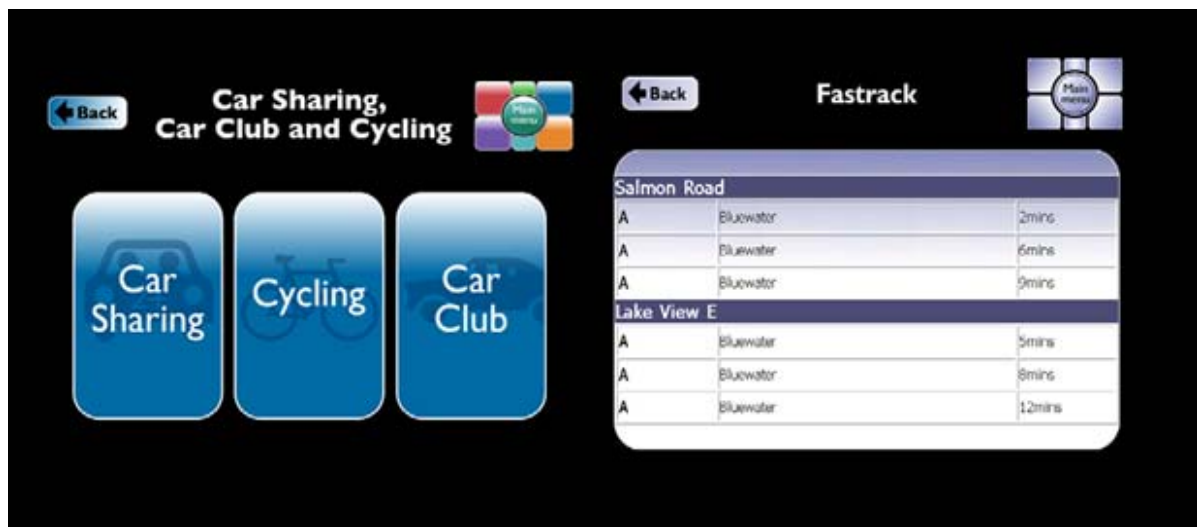


Figura 6 - Aplicação AcisHome (definição de trajectos)

O AcisHome contribui para a sensibilização das pessoas para uso de transportes públicos com vista a diminuição da utilização de veículos próprios associada à preservação do ambiente.

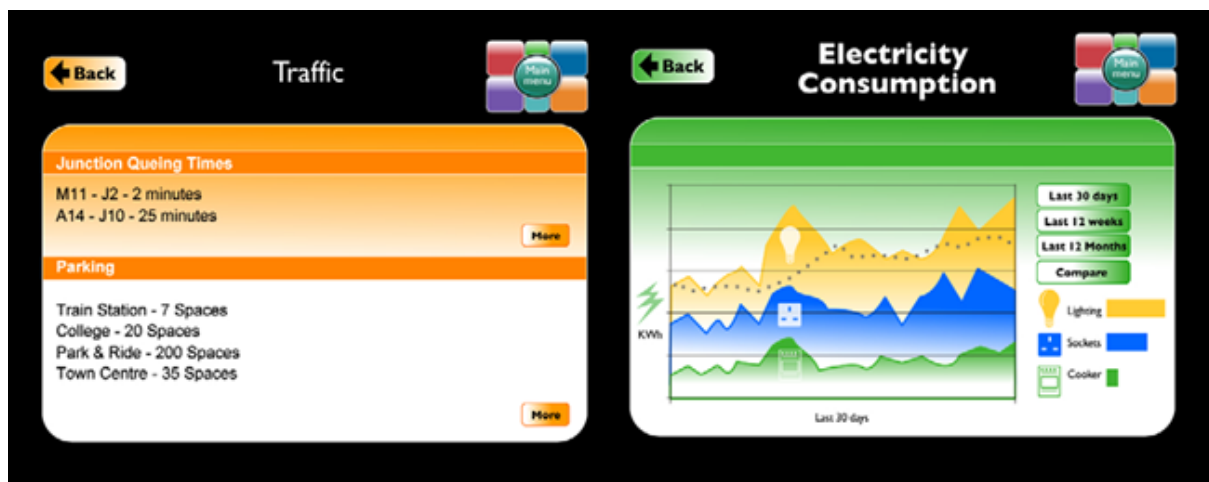


Figura 7 - Aplicação AcisHome (condições de tráfego e consumos energéticos)

É possível efectuar a gestão da energia utilizada na habitação a fim de reduzir os consumos energéticos e os custos que lhes estão associados, disponibilizar questionários à civilização com objectivo de obter *feedback* relativamente a serviços locais e executar um planeamento do espaço público.

Em suma, para além das vantagens associadas a qualquer sistema de informação ao viajante, soluções como o AcisHome são pensadas com a finalidade de satisfazer as necessidades e hábitos do cidadão comum associando comodidade e flexibilidade na escolha de alternativas num sistema simples de fácil utilização.

2.6.1.2.2. AcisIBIS

O **AcisIBIS** [10] é um sistema desenvolvido destinado a *touch-screens* localizados pontos de paragem de autocarros que disponibiliza tabelas de horário e informação do serviço de transporte em tempo real, sendo considerado na União Europeia um dos sistemas mais eficientes em termos energéticos devido às baixas taxas de consumo que apresenta.

O AcisIbis permite a disponibilização de informação em várias páginas de fácil navegação com suporte de anúncio de informações áudio.

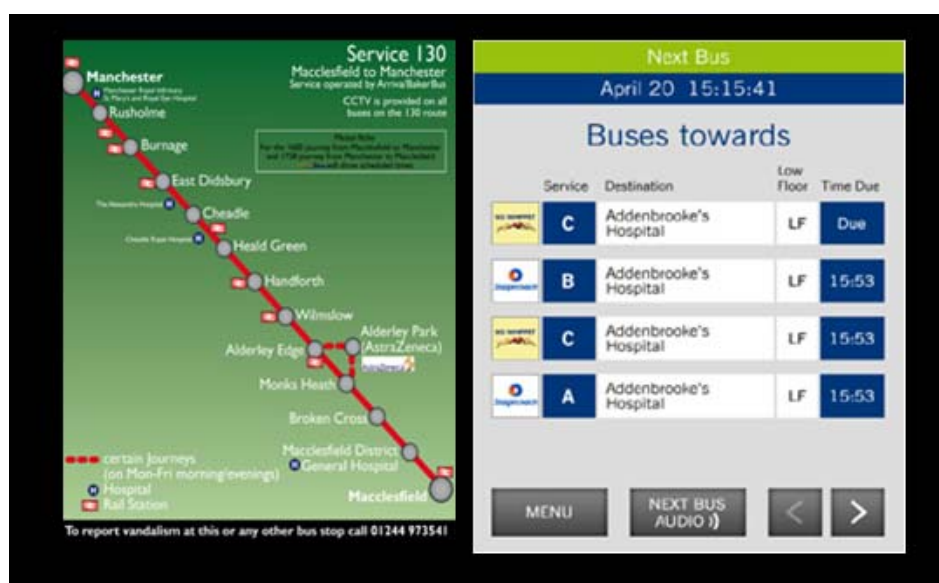


Figura 8 - Aplicação ACISibis (definição de trajectos e horários)

A actualização e configuração de horários são automáticas sem que sejam necessárias deslocações aos locais onde podem ser encontrados os dispositivos.



Figura 9 - Aplicação ACISlbus (tabela de horários e menu geral)

Para além dos mapas com os trajectos realizados pelo serviço de transporte em questão, apresenta mapas com alternativas para deslocações em zonas pedonais e reservadas para uso de bicicletas.

O Acislbus permite ainda a apresentação de anúncios associados a eventos ou notícias locais.

Com o sucesso adquirido nas soluções de sistemas de informação desenvolvidos para *touch-screens* localizados em pontos de acesso a serviços de transporte público, a Acis propôs novos sistemas construídos com o mesmo intuito dos sistemas convencionais com a particularidade de estarem acessíveis em habitações particulares ou em qualquer dispositivo móvel (AcisHome e AcisMytrip).

2.6.1.3. Terminais ACIS localizados dentro de veículos

A Acis possui uma solução destinada a dispositivos localizados dentro de autocarros que permite a gestão dos veículos em tempo real.

A imagem seguinte mostra a aplicação que permite a disponibilização de informação útil aos passageiros a bordo:



Figura 10 – Aplicação ACIS destinada ao interior de veículos

Para além da disponibilização da informação útil ao passageiro, a solução proposta passa também pela fixação de um dispositivo destinado ao uso do motorista com o intuito de fornecer informações de horários, localização, e mensagens de diagnóstico e controlo de condução.

A aplicação situada do lado do condutor apresenta o aspecto seguinte:



Figura 11 – Aplicação ACIS destinada ao motorista de veículos

As mensagens de controlo de condução permitem avaliar a performance relativamente à condução e desempenho do veículo, fornecendo informação que permitem melhor gestão do combustível e contribuem para uma melhoria no conforto dos passageiros.

2.6.1.3.1. AcisHorizon

A AcisHorizon é uma plataforma Web baseada em tecnologias como .NET, AJAX e Silverlight que fornece informações úteis associadas a determinado serviço de transporte público. A interface disponibilizada ao utilizador pode ser personalizada através da manipulação de *widgets* que podem ser adicionados, deslocados ou removidos da aplicação.

Cada *widget* desempenha uma funcionalidade específica na aplicação, a informação disponibilizada provem de diferentes fontes. Como exemplo, um *widget* pode disponibilizar gráficos através do *silverlight* ou definir áreas geográficas para localização de veículos com recurso a APIs como o Google Maps e Virtual Earth, e a uma base de dados SQL Server. Entre as tecnologias utilizadas na concepção do produto AcisHorizon destacam-se o recurso a *Web services* utilizando o protocolo de comunicação SOAP.

As principais funcionalidades do sistema são:

- A disponibilização de um mapa geográfico que permite ao operador obter localização e estado dos veículos e um histórico de mensagens nas estações em tempo-real.



Figura 12 - Aplicação ACISHorizon (visualização de localizações no mapa)

- A apresentação de tabelas de horário de chegada e partida de veículos.
- O armazenamento de histórico de dados e a apresentação de alertas provenientes dos veículos.

2.6.1.3.2. AcisMyTrip

Uma das soluções inovadoras da Acis é o AcisMyTrip. O AcisMyTrip é uma aplicação destinada ao iPhone da Apple, que disponibiliza toda a informação de tráfego útil a um passageiro. Entre as principais funcionalidades conferidas pela aplicação da Acis destacam-se as informações apresentadas num mapa geográfico (API Google Maps), obtidas a partir do GPS integrado no dispositivo.

O AcisMyTrip permite, desta forma, a detecção de paragens e serviços de transporte mais próximos do ponto onde se encontra e o desenho de rotas e linhas de serviço de transportes públicos.

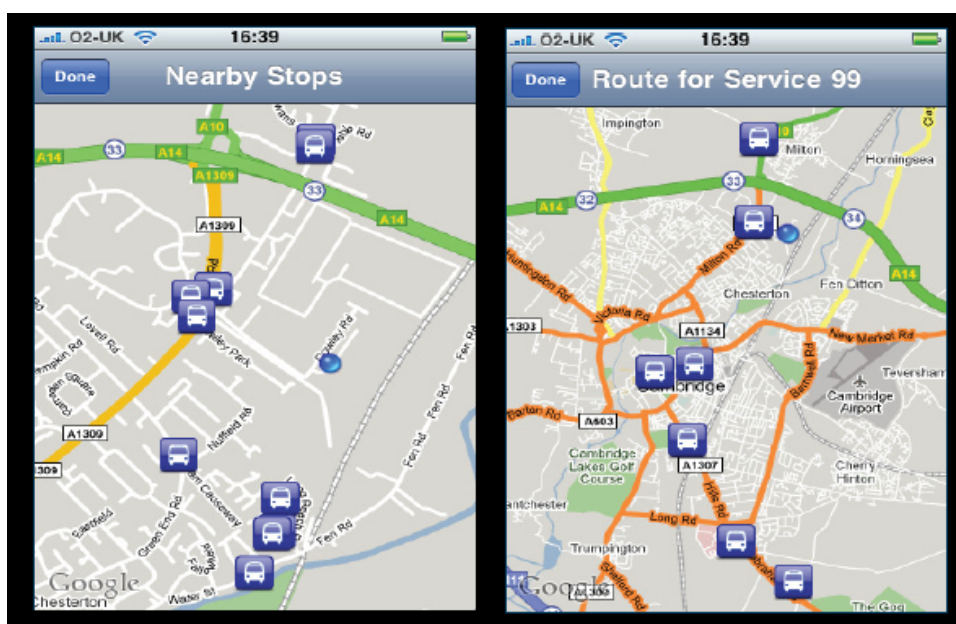


Figura 13 – Aplicação ACISMyTrip (pesquisa de estações mais próximas e definição de rotas)

Para além da funcionalidade referida, o AcisMyTrip disponibiliza ainda funcionalidades de pesquisa de localizações e apresentação de informações detalhadas do funcionamento de serviços de transporte seleccionados no mapa. As coordenadas e locais pesquisados podem ser armazenados na pasta “Favoritos”.

2.6.1.4. Mott MacDonald [11]



Localização
Inglaterra

Soluções

A Mott McDonald apresenta soluções de gestão e controlo de redes, gestão de informações úteis fornecidas a passageiros e pagamento electrónico, adaptáveis aos diversos tipos de transporte (barcos, aviões, metros, autocarros e comboios).

2.6.1.4.1. Solução implementada no aeroporto de *Southampton*

A Mott McDonald [12] apresenta um sistema que centraliza informação de várias fontes associadas aos serviços de transporte públicos, localizado num dos aeroportos mais movimentados de Inglaterra. O principal objectivo da empresa foi disponibilizar informações em painéis LCD que permitissem a centralização de dados relativos ao transporte de passageiros associado aos serviços de autocarros, comboios ou metros que comunicam com o aeroporto de *Southampton*.

Benefícios apontados na implementação de sistemas através de painéis de informação:

- A informação é formatada de modo a que seja totalmente perceptível pelo cliente.
- O cliente tem acesso à informação a qualquer altura.
- O cliente não interage com o sistema apenas recolhe a informação disponibilizada o que torna o sistema acessível a todos os clientes em qualquer momento.
- A informação chega ao cliente de forma imediata não estando sujeita a atrasos causados por interfaces de aplicações disponibilizadas normalmente em dispositivos *touch-screen*.

A imagem seguinte apresenta um exemplo do *layout* da solução desenvolvida:

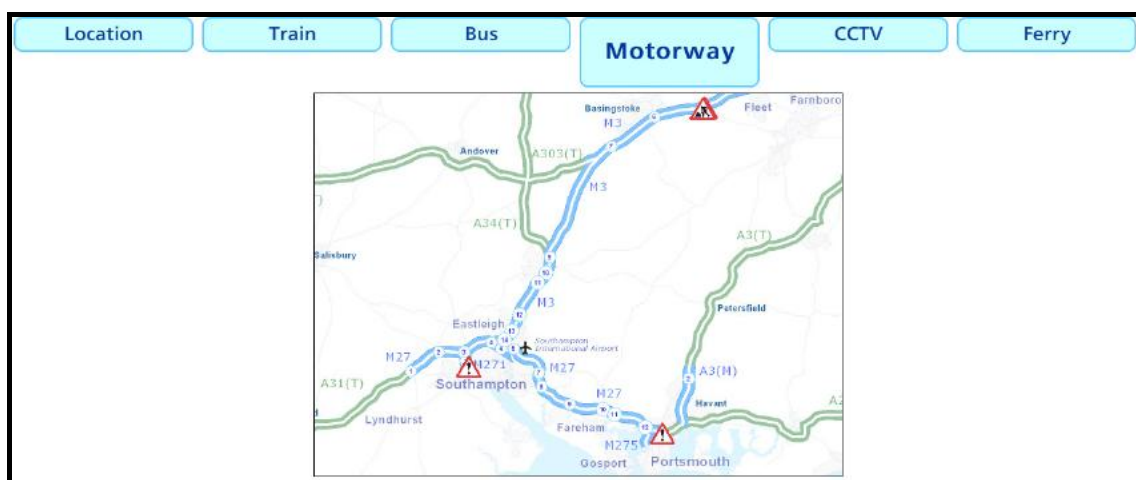


Figura 14 – Solução Moot McDonald implementada no aeroporto de *Southampton*

Nos dias que correm verifica-se um acréscimo acentuado na utilização de componentes electrónicos que permitem o acesso a redes sem fios associado à consequente implementação de sistemas de rede que forneçam ligação à Internet ou a uma rede local. Assim, seria pertinente a implementação de um sistema como o apresentado por *James Mead e David Lees* [4], fornecendo ao passageiro a possibilidade de aceder aos mesmos conteúdos disponibilizados num painel LCD através de uma aplicação cliente descarregada através de um dispositivo móvel.

2.6.1.5. AESYS [13]



Localização

Itália

Soluções

A empresa Aesys desenvolve soluções orientadas aos serviços de transporte rodoviário que englobam sistemas de estacionamento, software de gestão de tráfego em rodovias, sistemas de vídeo destinados a habitações e sistemas de gestão de tráfego urbano.

As principais áreas de operação da empresa são: transportes públicos, gestão de tráfego e informação pública

A Aesys foi a primeira empresa a implementar soluções de disponibilização de mensagens em painéis LED de autocarros.

As soluções apresentadas pela Aesys englobam:

- Monitores para disponibilização de informação útil aos passageiros.



Figura 15 – Aplicação Aesys (LCD)

- Painéis ou sinais LED localizados em rodovias, estações de metro e comboio ou aeroportos, que disponibilizam informações do transito e avisos de interrupções nas vias.



Figura 16 - Solução Aesys (Painéis digitais de informação)

- Painéis LED e TFTs para afixação dentro dos autocarros e em locais de paragem de autocarros.



Figura 17 - Solução Aesys (Painéis digitais)

2.6.1.6. Alstom [14]

Localização
França



Soluções

Entre as soluções desenvolvidas no âmbito de melhoramento da prestação de serviços de transporte público destacam-se a disponibilização de informação de tempo real em painéis de informação ao público e *touch-screens*, sistemas de sonorização para envio de mensagens e sistemas de videovigilância.

Uma das principais vantagens dos produtos Alstom consiste na disposição dos diferentes componentes de telecomunicações segundo uma arquitectura escalável e flexível conferindo o acesso à Internet e conjugando questões de segurança com serviços de informação e entretenimento.

Entre as soluções apresentadas pela empresa para as estações destacam-se painéis de informação ao público, quiosques, internet *wireless*, sistema de áudio e reserva nas salas e locais de espera.



Figura 18 - Solução Alstom (Painéis digitais)

As soluções apresentadas para o interior dos veículos passam por dispositivos *touch-screen* de informação e de entretenimento, relógios digitais, quiosques, internet *wireless*, painéis de informação ao público e sistema de sonorização para envio de mensagens.

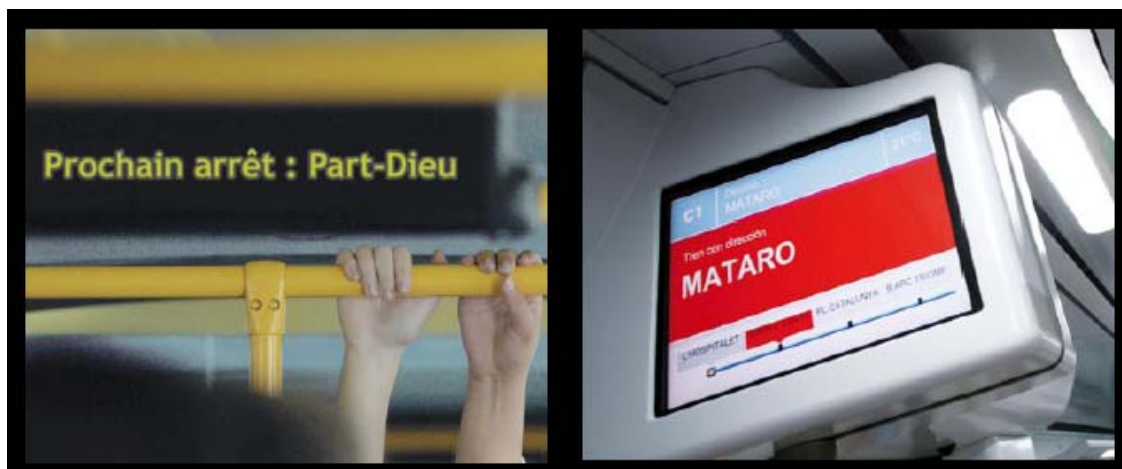


Figura 19 - Solução Alstom (Painéis digitais e monitores)

A Alstom foi responsável por vários projectos em todo o Mundo. Uma das soluções implementadas que exerceu maior destaque foi o TGV em França onde foram utilizados vários sistemas, entre os quais painéis de informação ao público, *touch-screens* de informação e entretenimento e o sistema de TV a bordo que permite aos passageiros escolher o que pretende ver e ouvir durante a viagem.

2.6.1.7. ARNIC [15]



Localização

Inglaterra

Soluções

As principais funcionalidades associadas aos produtos Arnica recaem sobre a gestão e disponibilização de informação ao passageiro. Entre as soluções desenvolvidas a empresa apresenta o AIM CIS que permite a disponibilização visual de informação em tempo real e instruções de segurança em estações e veículos.

Entre as principais características apontadas pela empresa relativamente ao produto referido encontram-se:

- Gestão do envio de mensagens prioritárias para painéis de informação ao público.
- Gestão de horários
- Envio de mensagens automáticas
- Integração do sistema de CCTV (*closed-circuit television*) para controlo e disponibilização de informação.
- Uso de tecnologias VOIP e *text-to-speech* que traduz um aumento da qualidade do sistema de áudio através do envio sincronizado de mensagens de áudio e texto para disponibilização imediata
- Disponibilização de uma interface gráfica simples e versátil aos operadores.

Localização

Índia

Soluções

A BIRD apresenta soluções destinadas nomeadamente ao serviço de transporte aéreo, dispondo de produtos adaptáveis a outras localizações dentro da mesma prestação de serviços.

Entre os produtos disponibilizados pela Bird adquirem maior destaque:

2.6.1.8.1. BIS- Kiosk

Quiosques *touch-screen* que disponibilizam informações úteis ao passageiro como o mapa de ocupação dos veículos ou informações de horários de voos (este sistema está disponível em várias localizações como aeroportos, estações, *outlets retail* e a cadeia de restaurantes MacDonalds).

2.6.1.8.2. BIS - Roving Agent

Aplicação disponibilizada num dispositivo móvel distribuído pelos passageiros que permite realizar tarefas úteis como *check-in*, escolha de lugares e disponibiliza acesso a informações da viagem.

2.6.1.8.3. BIS SMS Alerts

Sistema de envio de mensagens escritas para os passageiros com informações de horários de chegada e partida de veículos.

2.6.1.8.4. BIS Automated Travel E-Mail

Envio do bilhete e itinerário para o *correio electrónico* do passageiro.

Para além dos produtos especificados, a BIRD disponibiliza ainda serviços de bilheteira para dispositivos móveis (*e-ticketing*), um serviço de informação de localização da bagagem e serviços Web para disponibilização de informações úteis ao passageiro.

Entre os clientes da Bird encontram-se: American Airlines; AirOne; AirIndia; airarabia.com; Paramount Airways.

2.6.1.9. RAD [17]



data communications
Unique Access Solutions

Localização
Inglaterra

Soluções

Os produtos RAD permitem definir arquitecturas específicas que confirmam a comunicação entre os diversos componentes de telecomunicações dispostos num aeroporto, estação ou porto. Contrariamente às restantes empresas referidas, a RAD fornece as soluções de implementação ao nível do hardware que constitui o sistema de informação ao público. Os sistemas abrangentes são: transmissão de voz e dados, videovigilância, painéis de informação de horários, equipamento de controlo, sinalização e alarmes. A conectividade entre os componentes é estabelecida através de ligações de vários tipos (cobre, fibra óptica e *wireless*) e topologias (estrela, anel e *daisy-chain*).

A transmissão de informação digital ou analógica é da responsabilidade dos modems desenvolvidos na empresa que permite agregar múltiplos serviços através de redes PDH/SDH/SONET, IP ou ATM.

2.6.1.10. Mitron [18]



Localização
Finlândia

Soluções

As soluções Mitron assentam na integração de diferentes sistemas de telecomunicações em aeroportos, metros e estações.

A Mitron apresenta entre os seus produtos um sistema de gestão de informação de estações que inclui disponibilização de informação visual e auditiva, detecção de veículos, videovigilância e segurança. O sistema pode ser composto por diferentes módulos consoante os requisitos do cliente, controlados a partir de uma interface gráfica simples disponibilizada ao operador.

Uma das principais vantagens da utilização deste produto enunciada é a possibilidade de gestão de tráfego de dados em estações específicas, conectadas no mesmo sistema. A operação sobre os diferentes módulos disponibilizados é efectuada a partir de uma ou várias interfaces gráficas dispostas em qualquer local da rede. Para além disso, outra das vantagens do recurso ao produto Mitron assenta nas garantias oferecidas em termos de compatibilidade com sistemas já existentes.

O produto apresentado possui características *text-to-speech* que permitem que qualquer anúncio do operador possa ser traduzido numa mensagem visual enviada para um dispositivo de informação ao público.

As vantagens *text-to-speech* contribuem também para um aumento da autonomia das pessoas com deficiências visuais, fornecendo a possibilidade de acesso ao sistema de informação ao público implementado.

A Mitron desenvolve serviços destinados a redes constituídas por dispositivos destinados à gestão efectuada pelos operadores do serviço, painéis de informação ao público, quiosques e monitores de estações que disponibilizam informações automáticas úteis ao passageiro (horários de chegada e partida de veículos) ou definidas pelo operador.

As imagens seguintes apresentam algumas das soluções implementadas pela Mitron:

- Painéis digitais para disponibilização de informação útil ao passageiro



Figura 20 - Solução Mitron (Painéis digitais)

- Monitores localizados em aeroportos e estações de metro e comboio



Figura 21 - Solução Mitron (Monitores)

Localização
Inglaterra

Soluções

A Dzine apresenta um conjunto variado de soluções de sistemas de informação ao público adaptadas para diversas áreas de negócio. As soluções desenvolvidas são maioritariamente destinadas a monitores, plasmas, TFTs, LCDs ou projectores, disponibilizados em locais públicos ou privados (aeroportos, estações, paragens de metro e autocarros, empresas, escolas, estabelecimentos comerciais, entre outros).

As principais vantagens apontadas pela empresa para o uso dos produtos que disponibiliza são: a elevada probabilidade de um edifício possuir uma infra-estrutura de rede que confere ao sistema a utilização de dispositivos sem fios e a apresentação de informação separada em dispositivos localizados em locais distintos.



Figura 22 – Solução Dzine (Dispositivos touch-screen)

A tabela seguinte relaciona alguns exemplos de tipos de informação com os locais onde é disponibilizada:

Serviço	Exemplos de informação disponibilizada
Retail	Apresentação de múltiplos anúncios publicitários no mesmo monitor.
Pontos Turísticos	Disponibilização de mensagens e anúncios digitais com informações turísticas e publicidade.
Cinema	Disponibilização de horários e filmes em monitores.
Estabelecimentos comerciais	Publicitar produtos, divulgação de produtos recentes, apresentação de campanhas, etc.
Aeroportos, Estações, Rodoviárias, Portos	Disponibilização de informações em tempo-real relativas a horários de chegada e partida de veículos, estado do serviço de transporte, preço, rotas, etc.
Hotéis, Hospitais e outras instituições públicas	Informações de turismo, horários de funcionamento dos serviços, informação do estado do serviço hospitalar (previsão do tempo de espera, número de utentes em espera, localização dos consultórios de atendimento de utentes), etc.

Tabela 9 – Exemplo de informação disponibilizada nas soluções Dzine

Para além da disponibilização de informação útil nos dispositivos referidos, a Dzine apresenta ainda uma solução que permite o envio da informação apresentada para dispositivos móveis através de *bluetooth* (*BluePull*), conferindo mobilidade ao utilizador enquanto acede aos dados.



Figura 23 – Solução Dzine (*BluePull*)

A Dzine dispõe ainda de um sistema com uma câmara integrada, que permite identificar perfis de utilizadores (sexo e idade) e disponibilizar a informação de acordo com o perfil identificado no momento em que um indivíduo se aproxima do dispositivo. Esta funcionalidade é possível graças à manutenção de um histórico de perfis associado às características de cada indivíduo que se aproxima do dispositivo.



Figura 24 – Solução Dzine (LCD)

Entre os clientes da Dzine encontram-se: IKEA, Carrefour, Mobistar, Europstar, Telenet, Belgacom, SNS Bank, KinePolis e ABN AMRO Bank.

2.6.2. Sistemas de Informação ao Viajante *Online*

Os SIPs dispostos na internet permitem ao viajante programar a sua viagem através da análise de conteúdos apresentados como horários de funcionamento dos serviços, horários de chegada e partida de veículos, serviços de bilheteira online, entre outros.

O site do aeroporto do Porto [20] permite, para além de outras funcionalidades, a obtenção de informação associada a companhias e possíveis destinos, descarregamento de horários e visualização de chegadas e partidas de voos em tempo-real.

A apresentação de mapas interactivos em *Websites* permite que o viajante obtenha informações úteis relativamente à viagem que deseja efectuar, seleccionando directamente no mapa as localizações de partida e destino. A funcionalidade descrita transmite inovação ao site e contribui para o aumento do interesse e atenção do utilizador relativamente aos conteúdos disponibilizados e ao serviço prestado.

A imagem seguinte, ainda referente ao site da ANA, apresenta uma simulação de uma viagem com partida no aeroporto do Porto e destino o aeroporto de Paris.

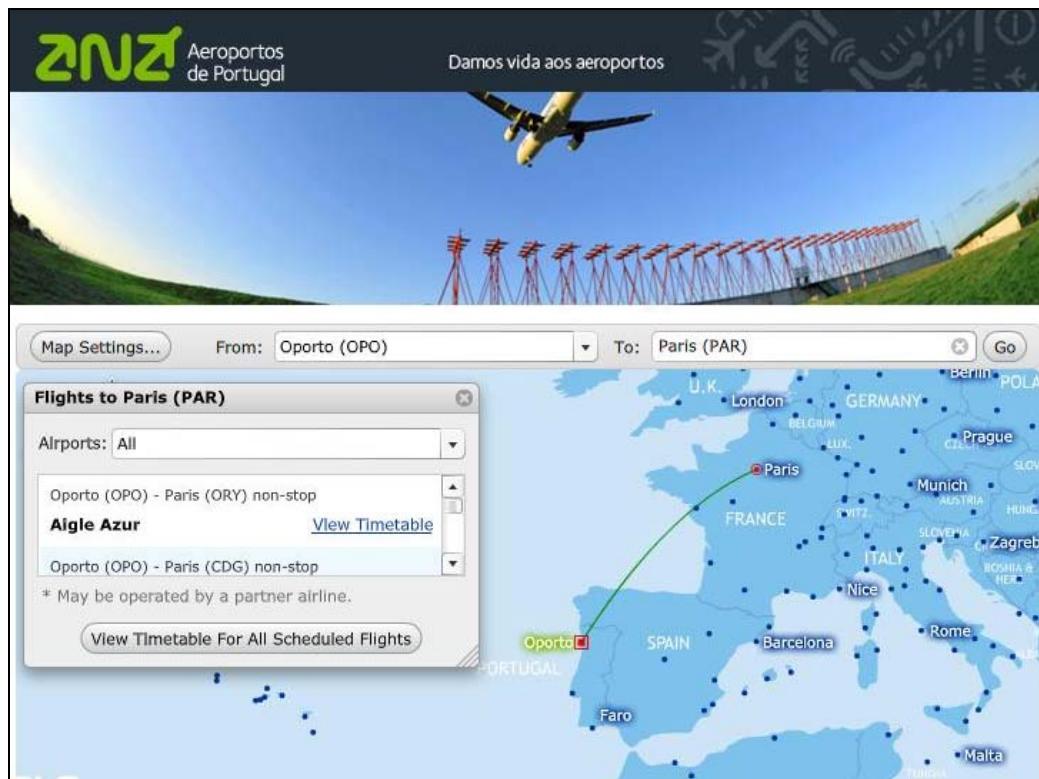


Figura 25 – Definição de rotas e verificação de tabelas de horário (*Website aeroporto do Porto*)

O mapa apresenta uma linha que descreve o trajecto efectuado e uma janela de operação que faculta informações dos voos com a possibilidade de visualização da respectiva tabela de horários.

Os mapas geográficos apresentados em *Websites* associados ao sector de transportes podem ser criados com recurso a APIs como o *Google Maps* ou *Virtual Earth* que simplificam o desenvolvimento de aplicações Web baseadas na apresentação de dados geográficos.

As funcionalidades descritas estão ainda presentes em serviços de metro e comboio disponíveis na *Web*.

O site do metropolitano de Lisboa [21] fornece a possibilidade de programação de uma viagem a partir da introdução de dados como o local de partida e destino, dias e horário da deslocação e tipo de viagem efectuada. O viajante submete os dados requeridos e adquire informação relativa ao tempo dispendido durante a deslocação e, se necessário, os locais de transbordo.

A imagem seguinte apresenta uma simulação de uma deslocação no site do metropolitano de Lisboa e os respectivos resultados facultados.

Figura 26 – Funcionalidades gerais disponibilizadas ao passageiro (Metropolitano de Lisboa)

2.7. Sistemas de Informação Geográficos

Um sistema de informação permite gerir, reter, actualizar e processar informação necessária a determinada tarefa envolvendo situações quotidianas.

Os sistemas de informação geográfica englobam questões relacionadas com determinado serviço ou evento que possam ou não estar na base da sua criação incluindo o local onde ocorrem. De uma forma mais concreta, um sistema de informação geográfica permite manipular dados geográficos fornecendo informações espaciais relevantes a determinada actividade, tarefa ou evento.

Os sistemas de informação geográfica estão cada vez mais relacionados com os sistemas de informação ao passageiro na medida em que proporcionam a disponibilização de informação geográfica útil, como o desenho de rotas e a localização e estado de veículos de um serviço de transporte em tempo real.

A definição da localização geográfica assume um papel muito importante nos dias que correm e pode dar resposta a problemas que surjam durante o dia-a-dia. A especificação da melhor rota a seguir no caminho para o trabalho, a localização de uma clínica que faça face às necessidades da população de uma dada região, o controle e gestão de uma empresa de entrega de mercadorias ou a gestão de florestas (determinar onde retirar e onde plantar novas árvores), são apenas alguns exemplos de pequenas acções que podem beneficiar do uso de sistemas de informação geográfica.

Uma das principais funções de um sistema de informação ao passageiro assenta na disponibilização de informação coerente e perceptível, isto é, a informação pode ser obtida a partir de diferentes fontes e processada de diversas formas mas deverá ser apresentada adequadamente de forma a ser captada por qualquer passageiro/cliente.

A mesma informação pode ser interpretada de forma diferente por diferentes pessoas e por isso torna-se necessário a definição de interfaces que consigam transmitir as ideias que estão por trás da criação do sistema. Os mapas geográficos permitem ao passageiro obter informações como a localização actual (onde se encontra no momento), informações de trajectos e horários (onde se irá encontrar e qual o horário em que se realiza a viagem) e estado do serviço de transporte (atrasos e localização de veículos).

2.7.1. Importância de informação geográfica num SIV

A imagem seguinte traduz o processo que condiciona a tomada de decisão de um passageiro inerente à utilização de sistemas de informação geográfica:

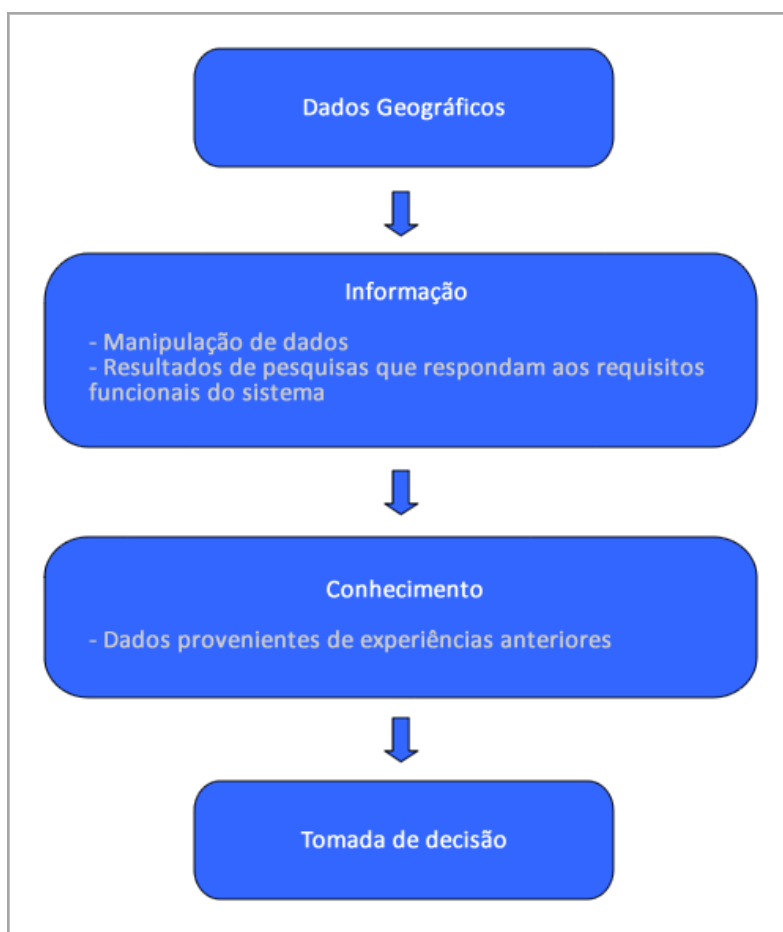


Figura 27 – Influência do GIS na tomada de decisão do passageiro

A resposta a questões relacionadas com a implementação das funcionalidades gerais do sistema é obtida a partir do estudo do tipo e modo de obtenção dos dados geográficos que devem constar na base de dados do sistema.

A informação armazenada é processada e apresentada ao passageiro através da interface gráfica desenvolvida para o efeito.

O passageiro retém a informação do sistema, avalia-a considerando informações adquiridas a partir de experiências antigas e toma uma decisão satisfatória.

2.7.1.1. DADOS

A chave do GIS assenta na obtenção de dados geográficos que identifiquem correctamente os dados geográficos que representam a área abrangida pelo sistema desenvolvido. Por exemplo, a definição de um sistema de informação ao viajante que implemente um mapa geográfico para apresentação das rotas e localização de veículos de um serviço de transporte da zona do Porto, passa pelo levantamento de dados geográficos que representem essa mesma área.

São considerados dois tipos de dados geográficos inseridos num GIS. O primeiro tipo representa elementos obtidos a partir de *scanners*, digitalizadores, GPS, fotos aéreas e imagens de satélite. O segundo tipo de dados consiste em atributos definidos, isto é, pontos, linhas ou polígonos (dados que de alguma forma se relacionam) [22]. Depois de recolhidos, elementos e atributos são relacionados numa base de dados geográfica.

Considerando um sistema de informação ao viajante aplicado a um serviço de metro, podemos definir cada ponto da linha como um elemento. Seria pertinente a definição de atributos se, por exemplo, for necessária a atribuição de diferentes características à linha em diferentes localizações como a mudança de cor de um segmento segundo a imposição de determinada condição (p.e. um troço a vermelho indicativo de ocorrência de distúrbios na linha).

2.7.1.2. Ferramentas de obtenção e conversão de dados

Existem bastantes recursos na Internet que permitem adquirir os dados geográficos necessários a um GIS. Para além disso, algumas ferramentas de processamento de informação geográfica disponibilizam esses dados, possibilitando o seu uso imediato embora se encontrem restringidos a determinadas áreas.

A tabela seguinte faz referência a alguns sites disponíveis online e aplicações de software que permitem obter e operar sobre dados geográficos em diversos formatos.

Ferramentas de obtenção e conversão de dados	
MassGIS	Sistema de informação geográfico de Massachusetts
Formatos disponibilizados	SDW/SID/XML/shapefiles
URL	http://www.mass.gov/mgis/massgis.htm
ExpertGPS	Disponibiliza mapas da região da Inglaterra e permite conversão entre formatos gerados de ferramentas GIS em formatos standard distintos e vice-versa

Ferramentas de obtenção e conversão de dados	
Principais ferramentas compatíveis	AutoCAD, ArcView, and Google Earth.
Principais formatos de conversão	GPX, DXF, SHP, KML, CSV .
URL	www.expertgps.com/
GPSTeam	Disponibiliza coordenadas GPS correspondentes a pontos de interesse localizados num endereço definido pelo utilizador.
Formatos disponibilizados:	Disponibiliza uma lista de formatos disponíveis consoante o dispositivo ou aplicação a que se destina (telemóveis NOKIA, Google Earth API, TomTom, Navigon, entre outras).
URL	http://www.gps-data-team.com/
Open Street Map Data [23]	É um projecto criado com vista à disponibilização gratuita de informação geográfica colectada através dos contributos dos utilizadores.
Formatos disponibilizados:	O Open Street Map Data permite a selecção de áreas específicas e a criação de documentos com extensão OSM (shapefiles) constituídos por coordenadas geográficas. Os ficheiros obtidos através do Open Street Map Data são depois importados para um sistema de base de dados relacional como o PostgreSQL.
URL:	http://www.openstreetmap.org/
GPSVisualizer	Permite a obtenção de múltiplos endereços conhecidos em coordenadas gps.
Formatos disponibilizados:	KML, KMZ, GPX
URL	http://www.gpsvisualizer.com/geocoder/
Multimap (Bing)	Permite a obtenção de coordenadas singulares. Disponibiliza no site as coordenadas (latitude, longitude) da região pesquisada no mapa.
URL	www.multimap.com
Satellite Imaging Cooperation	Disponibiliza imagens de satélite de diferentes áreas
URL	http://www.satimagsatimag.com/service.html
ArcGIS Server	Software ESRI.

Ferramentas de obtenção e conversão de dados	
URL	http://www.esri.com/software/arcgis/about/whats-new.html
FME Server Software pago desenvolvido pela <i>Safe Software</i> que permite a leitura e manipulação de diferentes tipos de dados e a sua exportação em diferentes formatos	
URL	http://www.esri.com/software/arcgis/about/whats-new.html
MapServer Plataforma livre que permite a publicação de dados geográficos e aplicações interactivas na Web	
URL	http://mapserver.org/
GeoServer Software livre que permite a partilha e manipulação de dados geográficos por parte dos utilizadores.	
URL:	http://geoserver.org/display/GEOS/Welcome
OpenLayers Aplicação Javascript livre que permite a disponibilização de mapas <i>offline</i> em web browsers. Permite a criação de mapas baseados em APIs como o Google Maps através da criação e manipulação de camadas.	
URL	http://openlayers.org/
Oracle Fusion Middleware MapViewer É um componente <i>Java Application Server</i> da Oracle e uma extensão <i>JDeveloper</i> que permite a inserção de mapas geográficos em APIs Java através da leitura de dados armazenados nos SGBS Oracle Spatial ou Oracle Locator.	
URL	http://www.oracle.com/technology/products/mapviewer/index.html

Tabela 10 – Ferramentas de obtenção de dados geográficos

2.7.1.3. Informação

2.7.1.3.1. Ferramentas de armazenamento de informação [24]

Existem vários sistemas de bases de dados definidos que permitem a manipulação de dados geográficos. Os sistemas mais conhecidos são IBM DB2 [25], IBM Informix [26], PostgreSQL[27], Oracle[28], SQL Server[29] e SQL Server Express[30].

A IBM DB2 apresenta uma ferramenta que permite a gestão e manipulação de informação geográfica colectada via GPS denominada *Geodetic Data Management*.

A IBM Informix é uma base de dados relacional compatível com as linguagens de programação mais utilizadas (como C, C++, .NET [31], Java, Ruby on Rails [32] e Perl[33]).

A IBM Informix representa a nova geração associada à disponibilização de dados facultando suporte de transacção em *clusters*, isto é, provê o balanceamento automático das ligações entre os diversos servidores *cluster* locais ou globais.

PostGis [34] e Oracle Spatial [35] são algumas das bases de dados geográficas mais utilizadas no desenvolvimento de aplicações GIS.

O PostGis é uma extensão da base de dados PostgreSQL que permite o uso de dados geográficos oferecendo suporte para a representação textual de objectos espaciais (ponto, linha, polígono, multiponto, multilinha, multipolígono e geometria), e disponibilizando um conjunto de funções que permitem manipular esses mesmos objectos.

As ferramentas Oracle Spatial e Oracle Locator [36] são opções da Enterprise Edition (Oracle Locator está também presente na versão *Standard*) que disponibilizam funcionalidades de suporte a aplicações GIS. O Oracle Spatial possui operações e tipos de dados específicos dispondo dados geográficos em camadas que partilham o mesmo sistema de coordenadas. Os dados armazenados nos SGBDs referidos podem, por exemplo, ser utilizados juntamente com o serviço J2EE *Oracle Fusion Middleware MapViewer* [37].

2.7.1.4. Conhecimento proveniente da experiência do viajante

2.7.1.4.1. Exemplo de Sistemas de informação e GIS

Existem diversas ferramentas que permitem a construção e personalização de mapas geográficos utilizados em aplicações distintas. Algumas das ferramentas utilizadas facultam a informação geográfica necessária à construção do mapa fornecendo ainda a possibilidade de adição ou instalação de pacotes de dados que permitam complementar o GIS.

O ArcView [38] é um produto ArcGis [39](software de *Desktop* ESRI) que permite a gestão, visualização, criação e análise de dados geográficos. O ArcView disponibiliza dados geográficos e templates que facilitam a criação consistente de mapas através da leitura, gestão ou importação de diferentes tipos e formatos de dados incluindo dados demográficos, desenho CAD, imagens, serviços Web ou metadata. Os mapas criados ficarão prontos a ser impressos ou inseridos em aplicações ou documentos.

O ArcSDE é uma tecnologia desenvolvida para os produtos ArcGIS Desktop [40] e ArcGIS Server [41](ESRI) que permite a comunicação entre os clientes GIS e o sistema de gestão de base de dados relacional (IBM DB2, IBM Informix, Oracle, PostgreSQL, SQL Server e SQL Server Express).

A imagem seguinte apresenta uma aplicação desenvolvida em ArcView.

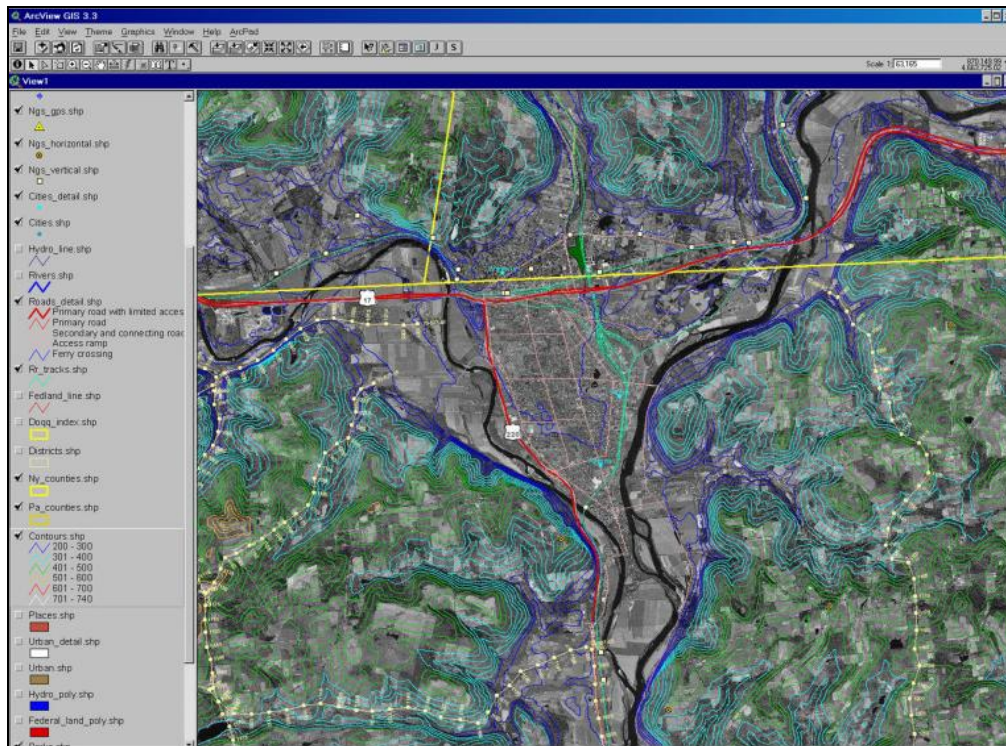


Figura 28 – Exemplo de aplicação ArcView

Entre os clientes ArcView encontram-se a DirecTV [42], o Departamento de Educação de Inglaterra [43], Subaru América[44], Organização Mundial de Saúde [45] e a Liberty Mutual [46].

O site do Governo de Mecklenburg County [47] apresenta um conjunto de mapas (GIS) que permitem a análise de vários aspectos como a qualidade do ar, o desenvolvimento económico, localização de zonas verdes ou reciclagem. Os mapas disponibilizados foram desenvolvidos com recurso a ferramentas distintas como *MapServer* [48] e software ESRI [49].

A imagem seguinte apresenta o mapa relativo à qualidade do ar em Mecklenburg County [50] onde são referidas as ferramentas de desenvolvimento livres PostgreSQL, PostGis, MapServer e PHP.

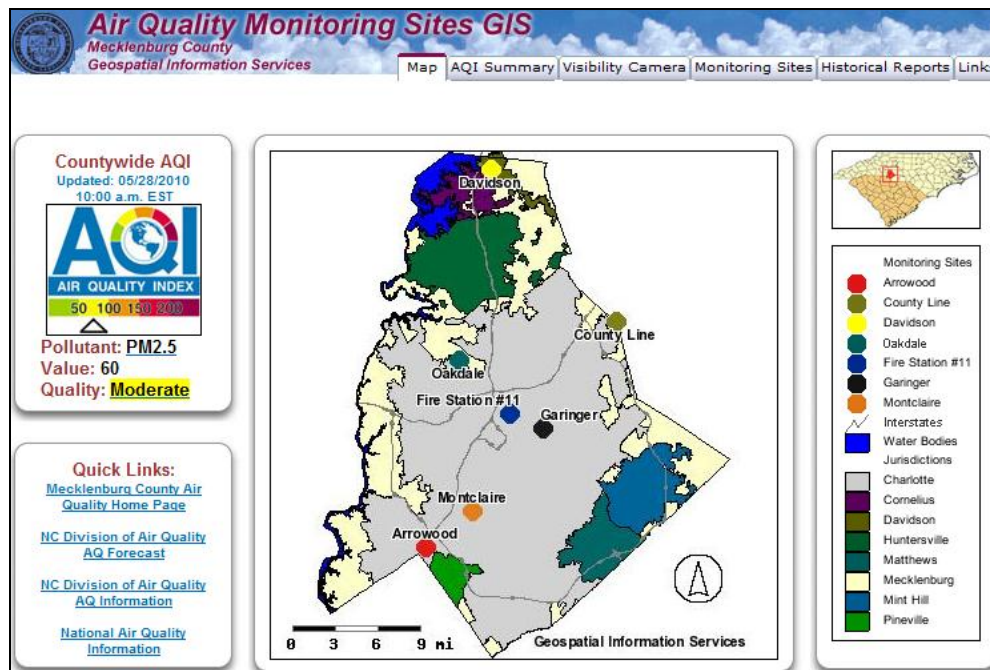


Figura 29 – Exemplo de aplicação GIS para representação da qualidade do ar

A aplicação GIS desenvolvida pela Google, Google maps, permite a criação de uma solução que alia simplicidade e harmonia dos mapas e imagens disponibilizados à facilidade de utilização e programação de software baseado em mapas geográficos.

As duas aplicações Google Maps seguintes estão disponíveis online e permitem a verificação de informações de localização de veículos em tempo-real nas cidades de Zurich e Helsínquia.

O Website que contém a informação do serviço de transporte ferroviário de Zurich [51] permite, para além da visualização da localização de veículos, a pesquisa de estações e comboios e a verificação de informações como a origem, destino, estado e velocidade de cada veículo do mapa.

A imagem seguinte apresenta o mapa disposto no site do serviço de transporte ferroviário de Zurich.

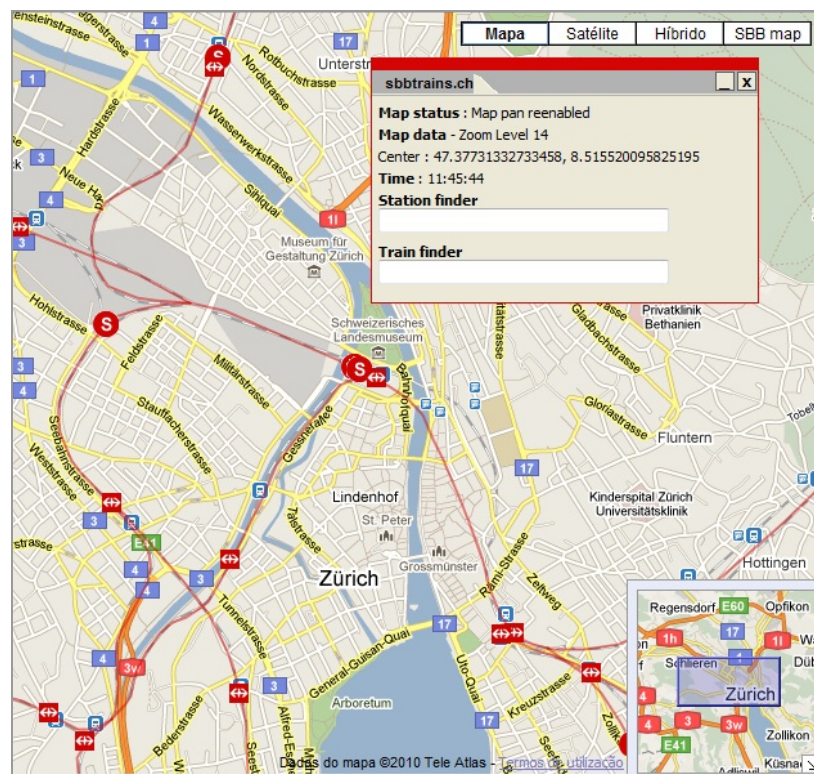


Figura 30 – Exemplo de aplicação GIS (Serviço de transporte ferroviário de Zurich)

O Website associado aos transportes públicos da região de Helsínquia [52] permite para além da visualização da localização dos diversos tipos de transporte (comboio, metro e autocarro) em tempo-real, a pesquisa de informações por linha, estação ou tipo de transporte e a verificação de rotas, estações e previsões do tempo dispendido entre cada paragem. A imagem seguinte apresenta o site dos serviços de transporte públicos de Helsínquia.

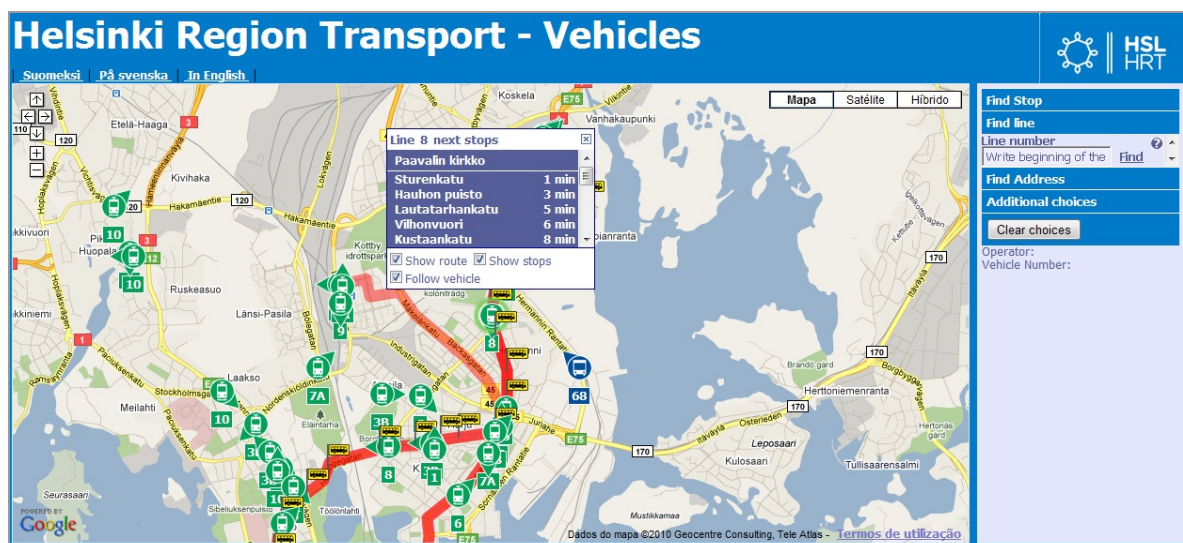


Figura 31 – Exemplo de aplicação GIS (Serviço de transportes públicos de Helsínquia)

2.7.2. Principais APIs GIS utilizadas

Yahoo [53], Microsoft [54], Google [55] e Ask [56] são algumas das empresas que apostaram no desenvolvimento de APIs que permitem a definição e disponibilização fácil e rápida de mapas geográficos em *Websites*.

É possível proceder a uma avaliação das principais APIs utilizadas considerando as funcionalidades comuns que apresentam: apresentação de direcções de trajectos, modos de disponibilização de mapas (mapas ou imagens de satélite), pesquisa de pontos de interesse e negócios, rapidez na pesquisa, disponibilização de *plugins* e *mashups*, personalização e integração [57].

O Google Maps é a API que apresenta maior rapidez de pesquisa, facto que advém das tecnologias AJAX utilizadas e da quantidade de servidores que dispõe. A Yahoo, desenvolvida a partir da ferramenta Macromedia Flash, provê maior rapidez relativamente à ASK não superando, no entanto, o Virtual Earth da Microsoft.

À excepção da API ASK, todas as ferramentas disponibilizam um motor de busca rápida de serviços e pontos de interesse fornecendo sugestões adicionais associadas à pesquisa efectuada.

A quantidade de *plugins* e *mashups* associadas à implementação destas API's têm sofrido um aumento notório. A Google foi a primeira empresa a apresentar imagens de satélite e a disponibilizar o código da API, conseguindo, desde então, inspirar o desenvolvimento de vários plugins disponíveis na Internet em *blogs* como o Google Maps Mania [58] e o Google *Sightseeing* [59].

A disponibilização de mapas e imagens de satélite é uma funcionalidade comum a todas as API's referidas. No entanto, o Google Maps apresenta mapas mais recentes e imagens de satélite mais antigas. A API Virtual Earth apresenta imagens de satélite mais recentes embora os mapas sejam mais antigos. A dificuldade de implementação inerente às duas APIs é bastante semelhante.

Google e Microsoft interligam o serviço de mapas com outros serviços criados pelas mesmas como Gmail (Google), MSN Spaces (Microsoft), Windows Live Messenger (Microsoft) e Outlook (Microsoft).

As imagens seguintes apresentam os mapas disponibilizados pela Microsoft (Figura 32) e pela Google (Figura 33):



Figura 32 – API Virtual Earth (Microsoft)

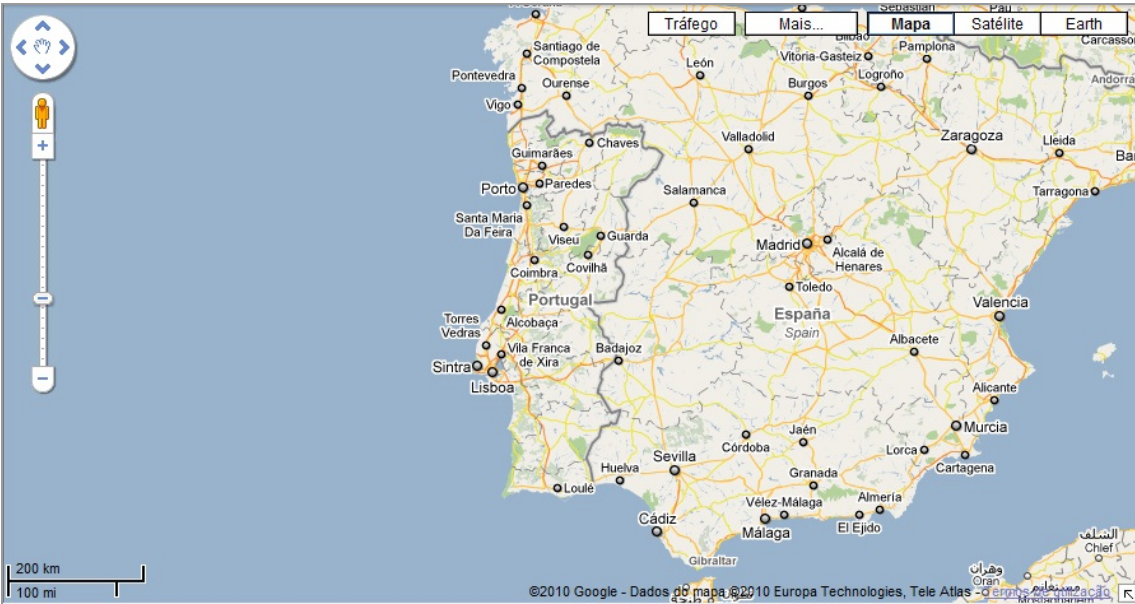


Figura 33 – API Google Maps

A tabela seguinte resume as principais características atribuídas a cada uma das aplicações mencionadas: Google Maps, ASK, Yahoo e Virtual Earth.

Característica	Google Maps	Vitual Earth	Yahoo	Ask Maps
Integração com APIs externas	Integração com API Gmail e <i>Google Calendar</i>	Integração com MSN Spaces, Windows Live Messenger e Outlook	Integração com <i>MyYahoo</i> (http://my.yahoo.com)	-
Imagens de satélite / Mapas	Imagens de Satélite / Mapas	Imagens de Satélite / Mapas	Imagens de Satélite / Mapas	Imagens de Satélite / Mapas
Disponibilização de trajectos	Sim (Google Directions)	Sim (Bing Directions)	Sim	Sim
Disponibilização de informações de negócios e pontos de interesse.	Sim	Sim	Sim	Não
Código de desenvolvimento	AJAX	AJAX	FLASH	AJAX
Possibilidade de impressão de mapas	Sim	Sim	Sim	Sim
Qualidade de mapas/imagens	Melhor qualidade dos mapas Pior qualidade das imagens	Pior qualidade dos mapas Melhor qualidade das imagens	-	-
Disponibilização de motor de busca	Sim	Sim	Sim	Sim
Informações de tráfego	Sim (<i>google my Location</i>)	Sim	Sim	Não

Tabela 11 – Comparação das principais APIs de mapas utilizadas

2.7.2.1. Conclusões Finais

A utilização de sistemas de informação geográfica permite efectuar previsões, facultando dados em tempo real bastante aproximados da realizada em que o sistema está inserido.

“O conhecimento da forma como o Mundo funciona é mais valioso do que o conhecimento daquilo com que se parece, porque esse conhecimento pode ser usado para prever” [60].

Entre as principais vantagens de utilização de GIS no sistema de informação ao passageiro destacam-se as melhorias avaliadas ao nível de gestão de tráfego, aumento da segurança, redução de congestionamentos, melhorias em termos ambientais e energéticos e aumento da produção económica [61].

A utilização da API correcta passa pela análise das vantagens e desvantagens que representa para o projecto em que é integrada. Se o projecto assentar na utilização de mapas, o Google Maps pode ser a melhor solução a adoptar tendo em conta o facto de disponibilizar mapas mais actuais e de apresentar maior rapidez de pesquisa. No entanto, se o projecto incidir sobre questões contornadas a partir da disponibilização de um mapa baseado em imagens de satélite e onde o tempo de resposta associado a pesquisas e interacções do utilizador com a interface não seja crucial, a Microsoft poderá representar a solução mais adequada.

A solução desenvolvida envolveu a representação de dados geográficos em tempo-real. Foi utilizada a aplicação Google Maps na definição do mapa geográfico tendo em conta a maior rapidez de pesquisa e actualização de conteúdos para além de, como referido, disponibilizar mapas mais recentes.

3. Principais tecnologias utilizadas na construção de SIPs

Na idealização de uma possível solução que satisfaça os requisitos do serviço inerente à construção de um sistema de informação ao público, tem de ser considerada uma arquitectura de sistema que permita conjugar as limitações que advêm de factos como a interoperabilidade entre diferentes componentes. Os componentes de um sistema de informação ao público consistem, como em qualquer sistema computacional, em software e hardware essencial ao cumprimento dos preceitos propostos. A solução final terá de ter como base tecnologias específicas que permitam que os diferentes nós de hardware consigam operar entre si nas três camadas (aplicação, lógica e dados).

Cada nó de hardware possui uma função específica associada à forma como opera, isto é, as diferenças que estão por trás de um painel de informação ao público e de um *touch-screen* disponibilizados numa estação de metro passa não só pela funcionalidade distinta que oferecem aos passageiros, mas também pela forma como a informação é adquirida, processada e apresentada. Cada equipamento possui características próprias que determinam a forma como opera em termos de processamento de informação e comunicação com outros nós ou camadas do sistema.

Por outro lado, considerando um sistema de informação ao através da internet, a quantidade e qualidade de informação disponibilizada determina o grau de satisfação do utilizador. A informação pode ser obtida de diferentes fontes, neste caso concreto, a informação de chegada e partida de veículos pode ser facultada pelo operador do serviço de transportes em questão, e os dados meteorológicos são fornecidos por institutos e sistemas meteorológicos. Assim, a arquitectura de um sistema de informação ao público terá de garantir as condições adequadas de acesso a serviços externos, dando lugar a um sistema extensível e conferindo um aumento de performance e fiabilidade.

Da mesma forma, quando se pretendem implementar soluções que tenham de interagir com componentes de software anteriormente definidos e recentemente utilizados em empresas, torna-se necessário que o novo sistema seja construído tendo como base tecnologias que permitam que os diferentes módulos comuniquem entre si.

Duas das principais tecnologias que cumprem os requisitos de arquitectura mencionados são CORBA e/ou Web services.

Tendo em mente o facto de que os serviços disponibilizados na Web eram maioritariamente pensados para uso e consumo de humanos em vez de máquinas, tornou-se fundamental a standardização de um protocolo de comunicação baseado em XML por parte das principais empresas de software, como Microsoft e IBM, que possibilitasse a troca de mensagens através da Web. O protocolo referido surge associado ao recurso a tecnologias de sistemas distribuídos necessárias ao desenvolvimento de serviços complexos.

As principais tecnologias de sistemas distribuídos utilizadas eram essencialmente COM (Component Object Model- Microsoft), DCOM (Distributed COM - Microsoft), e COM+, EJB (Enterprise Java Beans - Java), e CORBA (Common Object Request Broker Architecture). A principal característica comum associada a estas tecnologias assenta no facto de serem independentes da plataforma e da linguagem de desenvolvimento, ou seja, permitem a comunicação entre diferentes módulos independentemente da linguagem ou plataforma em que são desenvolvidos.

A tabela seguinte descreve resumidamente as tecnologias enunciadas.

Tecnologia	Descrição
CORBA	Infra-estrutura de sistemas distribuídos heterogéneos multi-plataforma, multi-linguagem e multi-fornecedor standardizada pela <i>Object Management Group</i> (OMG).
DCOM	Extensão distribuída do COM, um standard desenvolvido pela Microsoft que suporta objectos remotos através do protocolo ORPC (<i>Object Remote Procedure Call</i>).
Java / RMI	Standard desenvolvido pela <i>JavaSoft</i> . O Java tornou-se mais do que uma simples linguagem de programação, possui neste momento três plataformas diferentes totalmente compatíveis: J2SE (<i>Java 2 Standard Edition</i>) J2EE (<i>Java 2 Enterprise Edition</i>) e J2ME (<i>Java 2 Micro Edition</i>). O J2EE é uma extensão da linguagem J2SE, trata-se de um conjunto de tecnologias e componentes para desenvolvimento de aplicações Web e <i>enterprise</i> . O J2ME é utilizado para construção de software destinado a sistemas embutidos ou dispositivos móveis e de pequena dimensão como PDAs e telemóveis.

Tabela 12 – Principais tecnologias de sistemas distribuídos

As tecnologias COM, DCOM, COM+ e EJB não serão abordadas nesta dissertação. O trabalho final realizado e os resultados obtidos são baseados em tecnologias de *Web services* e CORBA.

3.1.1. CORBA

O CORBA surge com o intuito de criação de uma arquitectura que possibilita a comunicação entre sistemas heterogéneos, permitindo a invocação de métodos em objectos remotos independentemente da localização, linguagem e plataforma em que foram desenvolvidos.

Para cada objecto CORBA é definida uma interface em IDL (*Interface Definition Language*) que possui a sintaxe do contracto entre o servidor e o cliente. O cliente invoca operações e métodos de um objecto CORBA através da interface, que aceita parâmetros de entrada e retorna valores e excepções.

A imagem seguinte esquematiza as fases de desenvolvimento de uma aplicação CORBA:

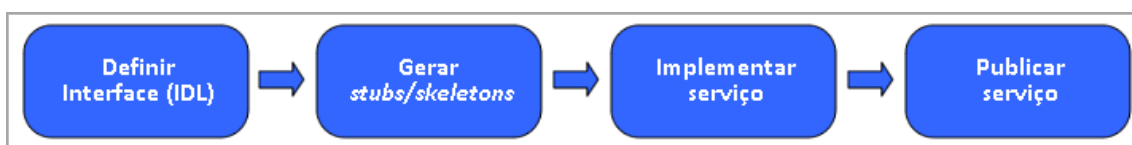


Figura 34 – Fases de desenvolvimento de uma aplicação CORBA

A separação da interface da implementação é a chave do CORBA, permitindo a interoperabilidade entre sistemas. Embora a interface seja estritamente definida, a implementação está encapsulada e é totalmente invisível para o cliente.

Para aceder a um objecto CORBA o cliente tem de ter uma referência desse objecto e conhecer a sua interface. A referência contém, para além do tipo do objecto, um endereço que permite localizar o servidor e uma chave que identifica o objecto dentro do servidor.

A interacção entre cliente e objecto pode traduzir-se na imagem seguinte:

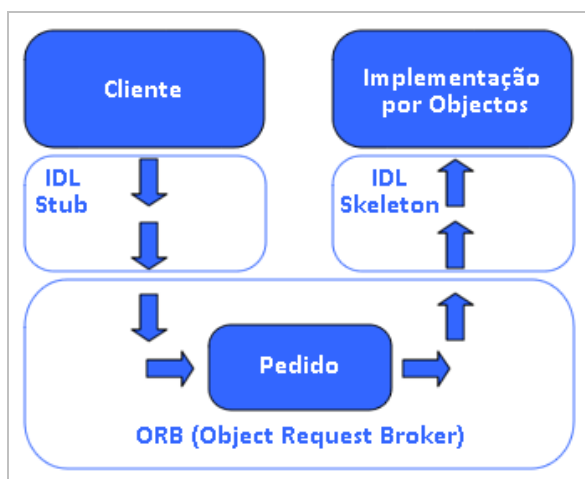


Figura 35 – Interações Cliente/Objecto numa arquitectura CORBA

A comunicação entre o cliente e o objecto é mediada por um ORB (*Object Request Broker*) do lado do cliente e outro do lado do servidor através do protocolo IIOP (*Internet Inter-ORB Protocol*). O ORB é um módulo intermediário que recebe os pedidos do cliente, envia-os para o objecto e encaminha a resposta de retorno novamente para o cliente.

O ORB cliente é responsável pela comunicação com o objecto, recebendo informação do cliente relativa ao método, os parâmetros necessários à invocação e o posterior encaminhando a resposta de retorno quando disponibilizada pelo servidor.

O ORB servidor localiza e, se possível, activa a implementação de acordo com as operações e parâmetros que recebe e envia a resposta ao cliente com os resultados e excepções.

Depois de adquirir uma referência para o objecto, a invocação é feita ao nível do *stub* IDL do lado do cliente, que actua como uma proxy. O CORBA IDL *compiler* é responsável pela tradução da linguagem IDL para a linguagem de programação. O *stub* do cliente delega os pedidos para o ORB e o *skeleton* do servidor delega os pedidos para o código aplicacional [62].

3.1.1.1. Invocação Remota

Para efectuar a invocação remota o cliente obtém a referência do objecto (através do *naming service* ou *trader service*) e usa o mesmo código que usaria numa invocação local, procedendo apenas à substituição da referência do objecto para uma instância remota. Quando o ORB examina a referência do objecto detecta que se trata de um objecto remoto e encaminha a invocação através da rede até ao ORB remoto.

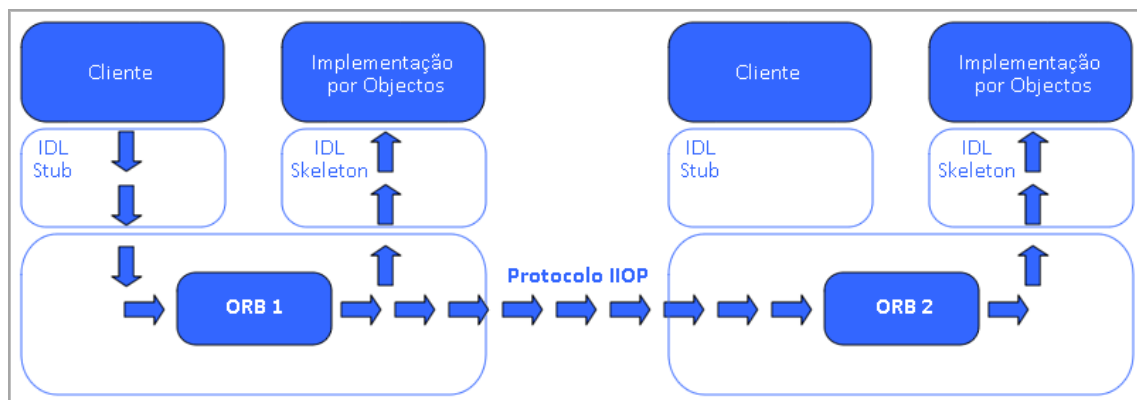


Figura 36 – Invocação remota de objectos CORBA

Numa invocação remota, o cliente conhece o tipo de objectos que invoca. Os *stubs* e *skeletons* são gerados a partir do mesmo IDL, isto é, o cliente sabe ao certo que operação vai invocar bem como os parâmetros de entrada necessários à invocação. Para além disso, o protocolo IIOP, comum ao ORB do cliente e ao ORB do objecto, permite criar uma representação do objecto de destino e especificar a operação e os parâmetros de entrada e saída atendendo o pedido do cliente.

Apesar do ORB obter informação de que o objecto referenciado é remoto, o cliente desconhece essa mesma informação. Durante a invocação não existe nada que forneça informações relativas à localização do objecto ao cliente. Este facto traduz a transparência de localização, um dos princípios do CORBA, que simplifica o desenho de aplicações distribuídas [63].

3.1.1.2. Invocação Dinâmica

Permite que o cliente tenha acesso directo às operações do serviço consultando um repositório de interfaces e efectuando invocações dinâmicas indicando os parâmetros apropriados (objecto, operação e argumentos) através da DII (*dynamic invocation interface*). A DII permite que o cliente aceda e execute objectos sem ser necessário o uso de *stubs*, isto é, possibilita a descoberta do objecto no servidor em tempo de execução e a invocação dinâmica de operações em objectos cuja interface não era conhecida no momento em que o cliente foi construído. A DII provê um ambiente dinâmico com sistemas flexíveis e extensíveis [63].

3.1.1.3. Aplicações e problemas associados ao CORBA

Alguma das soluções implementadas em indústrias diversificadas beneficiam já das características de uma arquitectura CORBA como é o caso das empresas de telecomunicações, banco online, comércio electrónico, educação, segurança, transportes, consultoria, saúde publicidade e multimédia, entre outras.

Na área das telecomunicações, a Nokia utiliza CORBA a fim de interligar os diferentes elementos de rede telefónica e garantir a sua interoperabilidade. Para além da NOKIA empresas como a Sprint (empresa de transporte de longa distância) utilizam CORBA na interligação dos componentes que constituem a rede. O CORBA permite a gestão e interacção entre todos os equipamentos usados numa rede de larga escala, eliminando as barreiras impostas pelas diversidades associadas ao hardware e software utilizado [63].

No entanto, embora o CORBA seja a ferramenta ideal para algumas soluções existem algumas limitações que tornam os programadores mais reticentes em recorrer a esta arquitectura. Um dos problemas enunciados assenta no facto do CORBA utilizar o IIOP como protocolo de comunicação que, para além de representar alguns entraves no que respeita a questões de utilização de *firewalls*, é suportado por poucas aplicações cliente desenvolvidas numa plataforma Web. O problema que resulta da impossibilidade de instalação de *proxys* e o facto do estabelecimento de rotas IIOP em *firewalls* contribuir para a vulnerabilidade do sistema dispondo mais um ponto de acesso susceptível a ataques, contribuem para o descontentamento de algumas empresas relativamente ao uso do CORBA [64].

Outro dos problemas enfrentados pelos programadores está relacionado com as capacidades necessárias para desenvolvimento de clientes CORBA exigindo conhecimentos avançados de Java ou C++ [64].

3.1.2. Web services

Um serviço é um módulo de software autónomo publicado que pode ser orquestrado ou coordenado juntamente com outros serviços ou unidades autónomas, conferindo um aumento das funcionalidades do sistema que integra.

Os *Web services* surgem da evolução da Web servindo de suporte à construção de aplicações heterogenias que comunicam entre si. A Web dispunha inicialmente de aplicações simples e independentes destinadas ao utilizador comum no entanto, com a evolução das tecnologias associadas à criação de aplicações Web, surgiu a necessidade de admitir a interoperabilidade entre os módulos de software criados, ou seja, em vez de uma relação aplicação/utilizador passou também a considerar-se a relação aplicação/aplicação [65].

Da mesma forma, tornou-se necessária a existência de uma plataforma de suporte que permitisse que as novas aplicações Web desenvolvidas pudessem ser integradas num ambiente construído a partir de um núcleo constituído por tecnologias que, apesar de simples e obsoletas, desempenharam um papel crucial na sua evolução e aceitação, a Web.

Uma das vantagens de utilização de *Web services* assenta no facto de ter como base protocolos Web frequentemente utilizados e tecnologias baseadas em XML tais como WSDL (*Web Service Definition Language*), SOAP (*Simple Object Access Protocol*) e UDDI (*Universal Description, Discovery and Integration*). A descrição e exposição dos métodos que constituem o serviço e a comunicação cliente servidor são efectuadas através de XML.

3.1.2.1. Tecnologias baseadas em XML

Uma das principais vantagens associadas ao uso de XML passa pela simplicidade inerente à sintaxe utilizada na definição de documentos.

O XML utiliza uma sintaxe baseada em texto totalmente perceptível. Para além disso, é extensível, na medida em que, permite a criação por parte dos programadores de *tags* específicas usadas em múltiplas aplicações, e tem servido de suporte a novos standards definidos tais como o WSDL utilizado nos *Web services*.

O XML desempenha um importante papel em termos de interoperabilidade entre aplicações e ferramentas. O custo associado ao desenvolvimento de *parsers* que permitem a sua interpretação é relativamente baixo para além de existirem já alguns totalmente livres como SAX e DOM.

3.1.2.2. Architecturas de *Web services* – Modelos REST e RPC

Existem dois principais modelos de arquitectura a considerar na construção de *Web services*: REST[66] e RPC[67].

3.1.2.2.1. Principais características de uma arquitectura RPC

Um *Web service* é identificado através de um URI (*Uniform Resource Identifier*), uma cadeia de caracteres permite identificar o serviço na rede.

O serviço é descrito a partir da linguagem WSDL e listado através do UDDI.

O WSDL possui definição das portas ou pontos de acesso ao *Web services* separada da informação relativa a implementação do serviço e formato das mensagens. O WSDL especifica o serviço constituído por um conjunto de portas, definidas pela conjunção de um endereço de rede e uma ligação efectuada a partir do estabelecimento de um protocolo específico e de um formato de dados.

O UDDI é um standard que define o modo como publicar, integrar ou obter informações do serviço. O principal fundamento do UDDI é facultar informação suficiente que permita definir um conjunto de serviços facilitando o seu acesso a partir das respectivas interfaces disponibilizadas pelos provedores.

É possível considerar dois tipos de clientes UDDI, o que publica o serviço e o que requisita definições de acesso ao serviço [68].

O SOAP é o protocolo utilizado na comunicação cliente/servidor. A comunicação SOAP sugere a construção de envelopes de comunicação que identifiquem os métodos e parâmetros numa invocação, ou os resultados obtidos na resposta do servidor.

3.1.2.2.2. Principais características de uma arquitectura REST

A arquitectura REST baseia-se no conceito de recursos. Um recurso é algo que possua um URI que disponibiliza um espaço de endereçamento e um serviço de descoberta do recurso que lhe está associado.

A manipulação de recursos é efectuada a partir de uma interface uniforme que define as operações de HTTP PUT, GET, POST e DELETE.

As interacções REST são interacções *stateless*, isto é, o pedido do cliente deve conter toda a informação necessária ao processamento do mesmo, não dependendo recursos de armazenamento de contexto no servidor como *cookies*. Para além disso, as respostas obtidas do servidor contêm informação que permite determinar se existe ou não necessidade de serem armazenadas em cache aumentando a eficiência da rede [69].

O acesso aos recursos é efectuado a partir de um URL permitindo ao cliente a progressão entre estados.

O recurso a uma arquitectura REST permite a definição de sistemas abertos, extensíveis, escaláveis e fáceis de compreender.

As imagens seguintes apresentam a definição de um recurso REST e dos respectivos métodos RCP [69] tendo em conta um exemplo simples que traduz a gestão de encomendas de clientes de uma empresa.

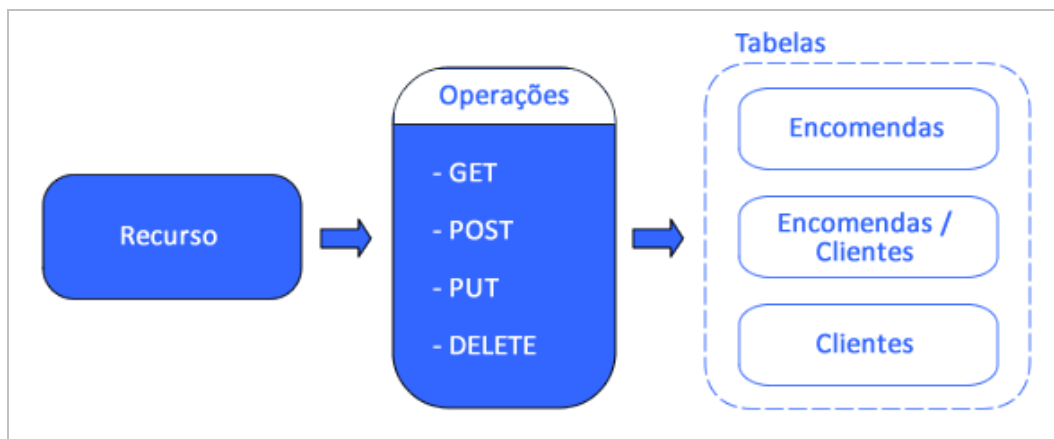


Figura 37 – Operações sobre um recurso REST

A manipulação do recurso apresentado é efectuada segundo as operações HTML apresentadas relativamente à estrutura de dados definida. Os dados armazenados permitem realizar tarefas de gestão de encomendas de clientes de determinada empresa.

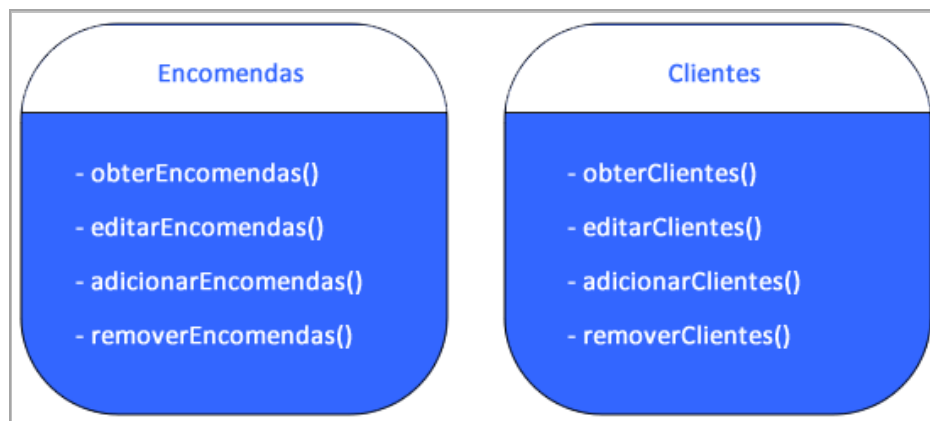


Figura 38 – Métodos RPC

Num Web service RPC é necessária a definição de métodos conhecidos, que permitam efectuar as operações sobre a estrutura de dados definida.

3.1.2.2.3. Comparação REST e RPC

A tabela seguinte evidencia algumas das principais diferenças entre as arquitecturas REST e RPC.

	RPC	REST
Definição do serviço	Definição de métodos que traduzem as operações.	Definição de recursos sobre os quais são efectuadas as operações.
Acesso ao serviço	Definição de um URI para acesso a todas as operações.	Definição de um URI para cada recurso.
Comunicação cliente/servidor	Através de um protocolo de transporte definido, normalmente http. A única operação passível de ser utilizada é HTTP POST.	Utiliza o protocolo HTTP. Definição de uma interface uniforme que permite a manipulação de recursos a partir das operações http GET, POST, PUT e DELETE.
Definição das operações	A operação a ser invocada é definida ao nível das mensagens SOAP.	A definição é feita ao nível do HTML.

Tabela 13 – Principais diferenças entra *Web services* RPC e REST

A arquitectura REST é menos complexa no que respeita à comunicação com o servidor. Contrariamente ao RPC, existe a definição do protocolo de transporte http e não é necessária a construção de mensagens segundo uma estrutura específica (como as mensagens SOAP essenciais à comunicação RPC), uma vez que a manipulação dos recursos é feita ao nível das operações http.

Por outro lado, a opção de escolha do protocolo de comunicação usado pode ser vista como uma vantagem, sendo mesmo considerada a chave de sucesso dos *Web services* RPC. O programador tem a possibilidade de escolher o protocolo mais conveniente ao sistema que pretende implementar, tendo em conta os seus requisitos em termos de funcionalidades, segurança e qualidade de serviço.

3.1.2.3. Comunicação de *Web services*

A comunicação cliente/servidor abordada está associada apenas a *Web services* RPC, considerando o âmbito de desenvolvimento desta dissertação e a utilização desta tecnologia no desenvolvimento da solução software.

A imagem seguinte traduz o processo de comunicação cliente/servidor durante uma invocação a um *Web service*:

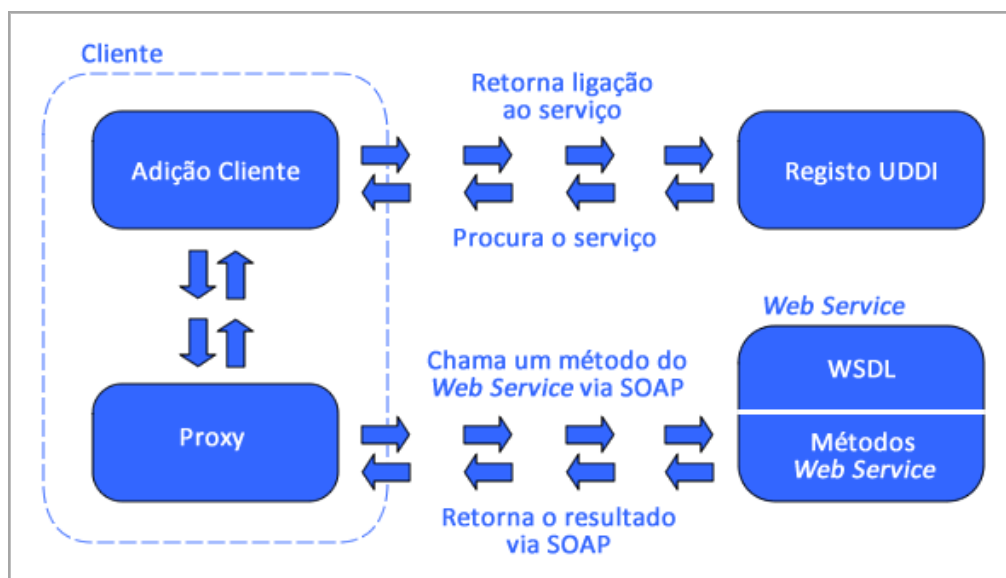


Figura 39 – Comunicação cliente/servidor *Web services* RPC

A comunicação cliente/servidor é possível através da criação de uma proxy de cliente. A proxy de cliente é gerada a partir do WSDL do *Web service* de forma automática (com recurso a ferramentas como o Axis [70] e o JAX-WS[71]) ou manual. Os métodos e propriedades associados ao *Web service* remoto são acedidos como objectos locais segundo a instância da proxy criada.

O cliente envia mensagens codificadas em SOAP através de um protocolo de transporte de dados (por exemplo http) invocando as operações do serviço. O servidor descodifica o pedido do cliente, executa as operações solicitadas e retorna a resposta codificada em envelopes SOAP.

Um dos principais benefícios do uso de SOAP passa pela standardização da interoperabilidade entre diferentes nós através da transmissão de informação estruturada e formatada[72]. A comunicação é estabelecida com o envio de envelopes SOAP totalmente independentes do protocolo de transporte. Normalmente o protocolo de comunicação usado é http embora a comunicação possa ser também estabelecida a partir de SMTP, FTP ou POP3.

A escolha do protocolo http representa alguns benefícios em termos de comunicação via Web já que o envelope SOAP é integrado no pedido http sendo interpretado como um pedido WEB pelas *firewalls*. Para além disso, o protocolo http é compatível com RPC atendendo ao paradigma de comunicação pedido/resposta em que ambos estão inseridos [72].

A imagem seguinte representa a comunicação SOAP entre cliente servidor:

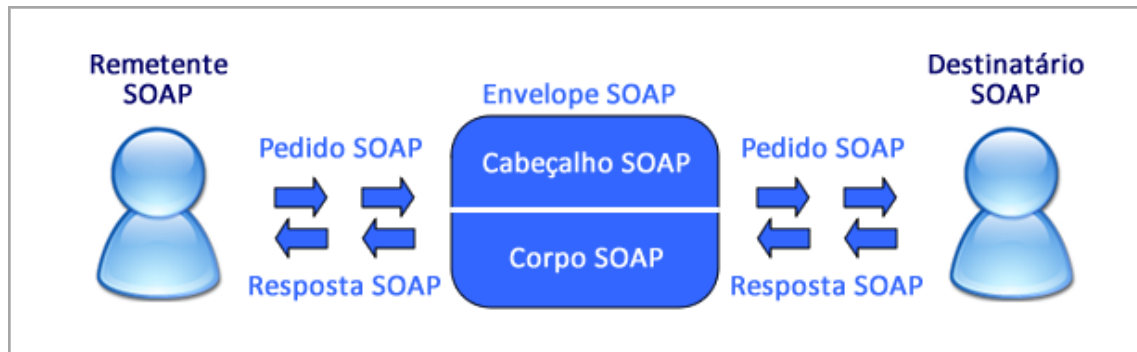


Figura 40 – Comunicação SOAP

O envelope SOAP é constituído por um cabeçalho (SOAP *header*) que define o modo de operação e processamento durante a comunicação e por um SOAP *body*, que identifica o método e os parâmetros de invocação durante o pedido ou apresenta o resultado retornado do servidor.

3.1.2.4. Utilização de Web services

Os Web service asseguram a interoperabilidade entre aplicações heterogenias. O protocolo SOAP é suportado pelos protocolos de transmissão de dados via Web conferindo interoperabilidade entre as aplicações.

A utilização de XML na definição do serviço e na construção e comunicação de mensagens permite a independência ao nível da plataforma, mediante a separação estabelecida entre a especificação funcional e o protocolo a utilizar na ligação, servindo de base à infra-estrutura do Web service.

O XML é cada vez mais utilizado e adoptado em várias empresas como standard para troca de dados [73].

Por outro lado, a utilização de standards XML contribui para um aumento da quantidade de dados transmitidos entre cliente e servidor, conferindo um aumento da utilização da largura de banda e maior ocupação da memória, diminuindo a performance do sistema.

A heterogeneidade de plataforma e a interoperabilidade entre protocolos confere aos Web services qualidades de *loss couple*. Um sistema *loosely coupled* possui grande autonomia relativamente ao sistema central em que está inserido, isto é, as acções efectuadas num elemento singular não interferem no estado dos outros elementos que o constituem [74].

A descrição de um *Web service* é feita a partir de mensagens (envelopes SOAP) e documentos que utilizam um formato específico (WSDL), que suprem as interfaces comuns normalmente disponibilizadas para esse fim (tais como o IDL no CORBA), e o uso de linguagens utilizadas na sua construção.

Em termos de desenvolvimento, os *Web services* são soluções relativamente simples que não exigem o conhecimento de tecnologias avançadas. A curva de aprendizagem de *Web services* e as tecnologias XML que lhes estão associadas (SOAP, WSDL e UDDI) é baixa. O aumento das funcionalidades atribuídas ao *Web service* determina a sua complexidade [73].

Os *Web services* podem ser utilizados de forma independente ou podem servir de suplemento a aplicações e serviços já existentes, conferindo-lhes novas funcionalidades.

3.2. Principais ferramentas utilizadas na construção de *Web services*

As principais ferramentas utilizadas para o desenvolvimento de *Web services* são JAX-RPC e JAX-WS (inseridas no standard J2EE) e .NET (Microsoft).

3.2.1. JAX RPC

A comunicação cliente/servidor é estabelecida através de *remote procedure call* (RPC) e do recurso a um protocolo baseado em XML como o SOAP. O JAX-RPC mascara a complexidade do SOAP ao ocultar regras de codificação, definições de comunicação remota e criação de envelopes do lado do programador, tornando-se apenas necessária a especificação e construção dos métodos Java que serão invocados pelo cliente.

O cliente tem acesso às propriedades e operações do *Web service* através do WSDL gerado pela API. Apesar do código aplicacional ser Java, o cliente pode aceder ao *Web service* a partir de uma aplicação desenvolvida numa plataforma diferente, devido à flexibilidade conferida pelo uso de tecnologias XML (SOAP, WSDL).

3.2.1.1. Comunicação cliente/servidor

A imagem seguinte traduz a comunicação cliente/servidor estabelecida no uso da ferramenta JAX-RPC.

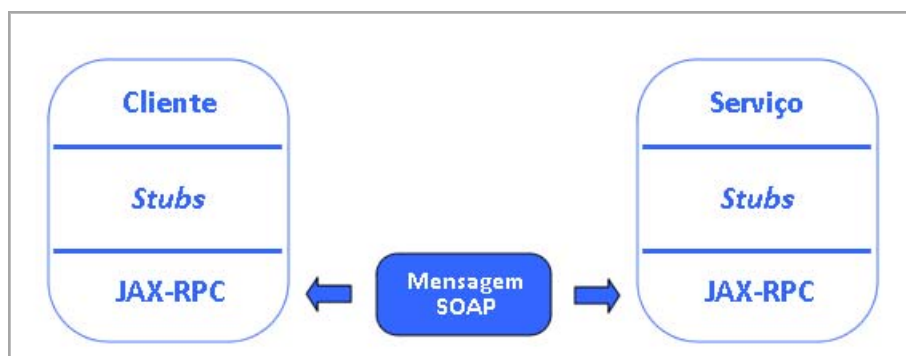


Figura 41 – Comunicação Cliente/servidor no JAX-RPC

Para a definição dos métodos do *Web service* é necessário o desenvolvimento de uma SEI (*service endpoint interface*), a partir da qual é gerado o WSDL correspondente e os *stubs* que permitem a ligação do *Web service* ao cliente. As chamadas do cliente são efectuadas no *stub* que funciona como uma proxy para o serviço remoto. O pedido do cliente é convertido num envelope SOAP enviado para o servidor. Do lado do servidor, o JAX-RPC traduz pedido SOAP, obtém a resposta codificada e envia-a ao cliente [75].

3.2.2. JAX –WS

O JAX-WS é uma extensão do JAX-RPC 1.1. inserida na versão Java 5, conferindo novas funcionalidades associadas ao desenvolvimento de *Web services*. O JAX-WS suporta a versão SOAP 1.2 para além da 1.1 utilizada no JAX- RPC [67].

A WS-I (*Web services interoperability organization*) é uma organização internacional que visa estabelecer as melhores práticas de interoperabilidade de *Web services* através da criação de perfis e ferramentas de teste para tecnologias standard seleccionadas [76]. Enquanto que o JAX-RPC suporta o BP (Basic Profile) da WS-I, o JAX-WS suporta BP 1.1.

O JAX-WS permite efectuar chamadas assíncronas e síncronas ao servidor. As chamadas assíncronas são efectuadas recorrendo a um modelo de *pooling* ou através de *callbacks* [77].

O JAXB (*Java Architecture for XML Binding*) é uma API java integrada no desenvolvimento de *Web services* JAX-WS que permite o mapeamento de classes java em formato XML e a operação inversa, possibilita a conversão de XML em objectos Java sem que para isso seja necessária a definição de um *parser* DOM ou SAX. Este processo é traduzido na imagem seguinte:

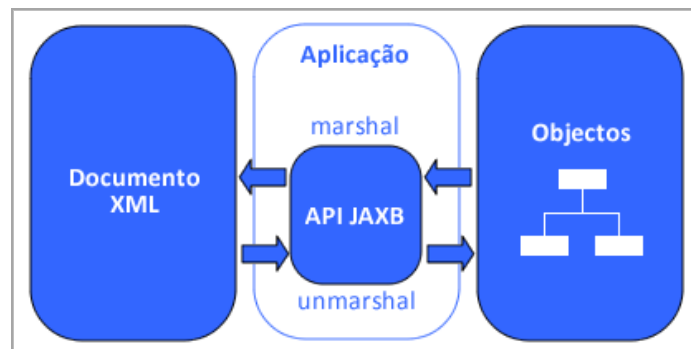


Figura 42 – Processo de conversão de documentos/objectos através da API JAX-B

O JAXB torna-se bastante útil em situações em que se verifique uma variação frequente de conteúdos XML e das classes Java, durante o desenvolvimento do *Web service* [78].

3.2.3. ASP.NET Web services

Os *Web services* .NET surgem da necessidade de definição de uma ferramenta Microsoft que fornecesse as funcionalidades básicas para construção e estabelecimento de comunicação com *Web services*. A API desenvolvida visa permitir a tradução de dados do cliente num formato XML que são, posteriormente, transportados através do protocolo http e novamente convertidos no formato inicial do lado do servidor.

A imagem seguinte traduz o modelo de desenvolvimento de *Web services* .NET.

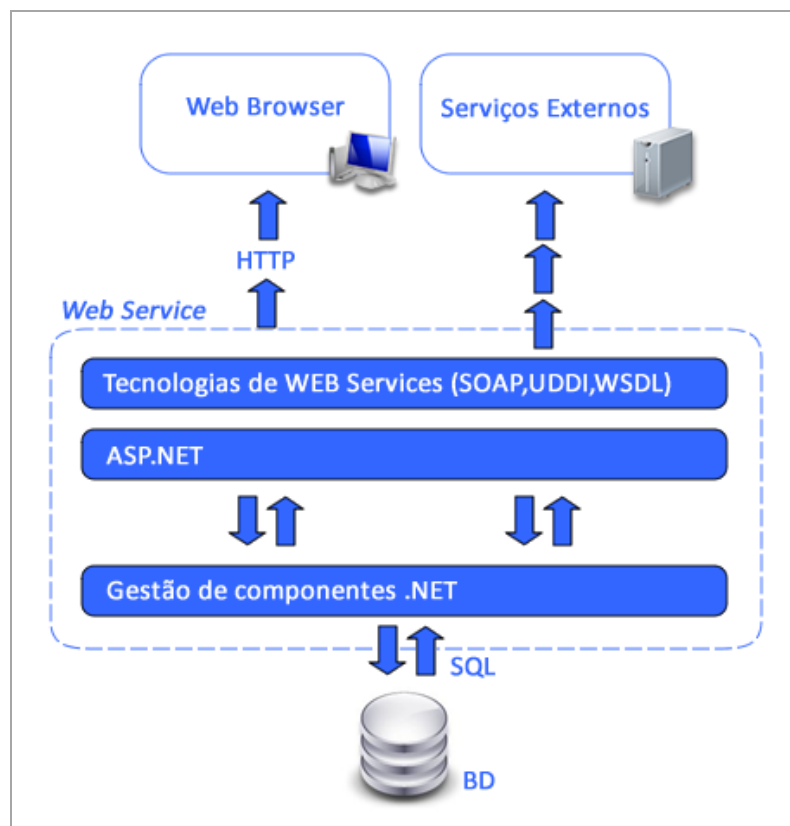


Figura 43 – Arquitectura *Web services* .NET

A ferramenta .NET provê qualidade de serviço necessária traduzida em transacções, segurança e serviços de mensagens. A camada lógica assegura a manipulação de componentes .NET e o acesso aos dados [79].

As tecnologias de *Web services* (SOAP, UDDI, WSDL) permitem a interoperabilidade entre a aplicação cliente e sistemas externos.

Em termos de independência de linguagem, o .NET permite a implementação de *Web services* Visual Basic ou C#. O código fonte escrito é depois traduzido numa linguagem específica (*Microsoft Intermediate Language*), interpretada pelo CLR (*Common Language Runtime*) e, finalmente, executada. O CLR funciona como um intermediário entre o código fonte .NET e o hardware.

3.2.3.1. Comparação J2EE e .NET

A ferramenta .NET e o standard J2EE retratam a evolução das tecnologias de desenvolvimento de *Web services* admitindo funcionalidades ainda não suportadas em versões anteriores. Ambos surgiram com vista a facilitar o processo de desenvolvimento dos *Web services* relativamente a aspectos relacionados com interoperabilidade XML e uso do protocolo SOAP.

Ambas as linguagens apresentam um módulo intermediário ao nível da linguagem, CLR no .NET e JRE (*Java Runtime Environment*) no J2EE.

A tabela seguinte sintetiza algumas similaridades ou entre o standard J2EE e o .NET:

Característica	J2EE (Standard)	.NET (Produto)
Interpretador	JRE	CLR
Desenvolvimento de páginas dinâmicas	JSP	ASP.NET
Componentes camada intermédia	EJB	.NET <i>Managed Components</i>
Acesso à base de dados	JDBC SQL/J	ADO.NET
Suporte tecnologias XML (SOAP, WSDL, UDDI)	SIM	SIM
Descrição do serviço	WSDL	WSDL
Implementação do serviço	APIs de desenvolvimento como JAX-RPC e JAX-WS	Código fonte compilado para a linguagem MSIL
Publicação e descoberta do serviço	Utilização da API JAXR para interoperabilidade entre múltiplos tipos de registos / UDDI	Publicação de um ficheiro DISCO XML que contém <i>links</i> para recursos que descrevem o <i>Web service</i> / .NET UDDI e o mais recente .NET SDK
Invocação e execução do serviço	APIs de desenvolvimento como JAX-RPC e JAX-WS responsáveis pela criação, envio e recepção de envelopes SOAP.	Implementação manual de <i>listener</i> ou das classes .NET SOAP ou Microsoft SOAP <i>Toolkit</i> 2.0 (permite a invocação de métodos descritos no WSDL)
Linguagens utilizadas no desenvolvimento	JAVA	C++, C#, VB.NET

Tabela 14 – Principais diferenças entre J2EE e .NET

Enquanto que a abordagem .NET para *Web services* foi criada de raiz com o intuito de satisfazer as necessidades de desenvolvimento de serviços, o standard J2EE alcançou esse mesmo fim através da criação e adição de APIs separadas que dão resposta às carências referidas [80].

Gerry Miller [81] revela os benefícios adjacentes ao uso de .NET relativamente ao standard J2EE em termos de performance e custo inerente à concepção de aplicações. As principais considerações do autor passam por melhorias associadas ao suporte máximo de utilizadores pelos servidores, maior rapidez nas transacções, redução de custos de implementação e suporte de cerca de 4 linguagens diferentes (J#,C#, C++ e VB.NET), contrastando com a única linguagem suportada pelo J2EE (java).

Em jeito de conclusão, .NET e J2EE representam soluções práticas de implementação de *Web services* embora seja complexo proceder a uma comparação mais rigorosa entre ambos considerando o facto de cada novo projecto possuir características e requisitos próprios, que devem ser avaliados juntamente com as tecnologias que poderão estar na base do seu desenvolvimento. “O mundo é suficientemente grande para ambas as tecnologias. NET e J2EE” [81] no entanto, importa salientar que o cenário de implementação de uma solução determina a tecnologia a utilizar no processo concepção, após a avaliação das vantagens e desvantagens que cada uma representa para o projecto.

3.3. Propostas de arquitectura associadas ao desenvolvimento de SIPs

As propostas de arquitectura de SIPs seguintes foram disponibilizadas por diferentes entidades (investigadores, estudantes, empresas) e conferem o melhoramento dos sistemas concebidos ao nível de eficiência, extensibilidade e auto gestão.

3.3.1. Proposta de Arquitectura I [82]

3.3.1.1. Objectivo

O objectivo central de um SIV passa pela disponibilização de informações úteis ao cliente relativas a determinado serviço de transporte público.

A proposta apresentada por membros do “Department of Information Technology” e da “Televis Transportation Systems Division” (Bélgica) descreve uma aplicação distribuída de suporte à manutenção de um sistema de informação ao viajante, que fornece dados em tempo real transmitidos em painéis situados dentro dos veículos.

Normalmente os sistemas utilizados nos veículos para recolha, processamento e disponibilização de informação são constituídos por equipamentos de diferentes fornecedores com características distintas, que se interligam entre si. O processo de manutenção destes sistemas pode tornar-se complexo, na medida em que, cada dispositivo possui a uma linguagem e requisitos próprios que devem ser considerados para prevenção de falhas e redução de custos.

É fundamental que o sistema desenvolvido possua as condições necessárias que contribuam para a diminuição da probabilidade de ocorrência de falhas durante o seu funcionamento. Existe muita informação relevante num sistema distribuído que permite obter dados específicos em cada nó capazes de auxiliar a tarefa de detecção, análise e prevenção de falhas. A arquitectura proposta surge associada a este conceito [82], definindo uma ontologia como um conjunto de *labels* atribuídas a cada processo para o cumprimento de determinada tarefa. A definição de um modelo ontológico permite o controlo dos componentes do sistema, fornecendo indicações do estado de cada nó de forma a obter relatórios de eventos que possam contribuir para a detecção de falhas.

3.3.1.2. Descrição da solução

A arquitectura proposta decompõe o sistema em 3 camadas: camada de comunicação (painéis de informação digitais ou painéis de endereçamento público), camada lógica (tecnologia de sistemas distribuídos como CORBA, DCOM ou JAVA RMI) e camada de dados.

A primeira camada define a comunicação entre os componentes do sistema e a interface gráfica, e é responsável pela gestão de mensagens de que circulam na rede.

Em termos funcionais, esta camada pode ser dividida em 2 subcamadas: interface do utilizador ou interfaces de comunicação entre componentes do sistema, e o destinatário das mensagens a serem reencaminhadas para a camada lógica (interface de utilizador ou interface dos componentes do sistema).

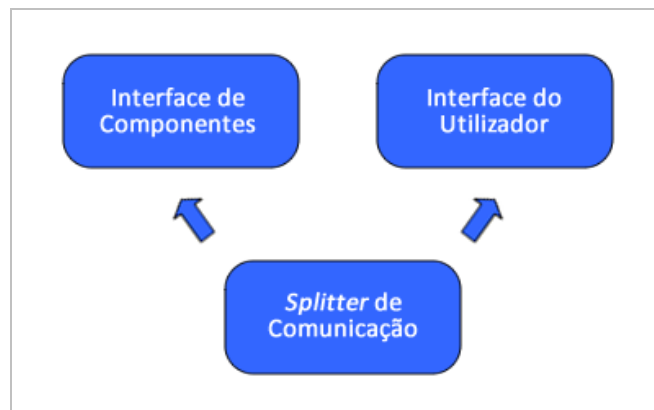


Figura 44 – Camada de comunicação da arquitectura proposta [82]

A principal funcionalidade da camada lógica consiste em receber mensagens que permitam determinar o estado de funcionamento do sistema e obter informações dos componentes. A camada lógica é responsável pela análise das mensagens enviadas, impondo acções que determinem a interoperabilidade entre os componentes sempre que necessário.

Entre os blocos funcionais descritos assumem extrema relevância:

Dispositivo	Função
Controlador de comunicação	Gere e analisa a comunicação entre os componentes do sistema
Controlador de consequências	É responsável por determinar as acções que estabelecem a interoperabilidade dos componentes.
Controlador de métricas	Executa medições necessárias que permitem controlar a comunicação entre componentes, de forma a obter dados relativos ao estado actual do sistema, servindo de auxílio na tarefa de detecção de falhas. As medições efectuadas juntamente com os conceitos do domínio definidos na ontologia criada, traduzem o estado de cada nó do sistema e permitem a criação de relatórios com dados fundamentais à manutenção e aumento de performance.
Adaptador para interface gráfica	Processa informações recebidas da interface gráfica e informações a serem disponibilizadas.
Router de comunicação	Gere o encaminhamento das informações obtidas da camada de comunicação dentro da camada lógica

Tabela 15 – Dispositivos que definem a camada lógica da arquitectura proposta [82]

A imagem seguinte traduz a disposição dos componentes enunciados na arquitectura proposta.

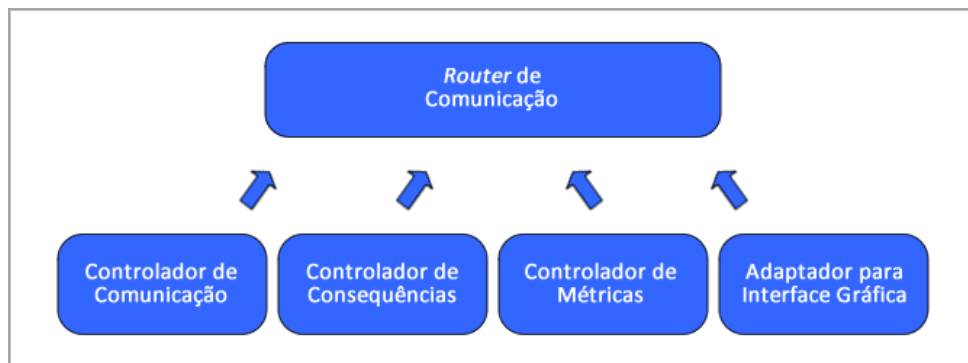


Figura 45 – Camada lógica arquitectura proposta [82]

É referida a utilização da arquitectura CORBA e *Web services* onde foram apontadas vantagens associadas à interoperabilidade estandardizada entre componentes, a independência de localização dos serviços, independência da linguagem e plataforma de desenvolvimento, e o facto de pesquisas efectuadas terem evidenciado um aumento de performance associado ao uso de CORBA (relativamente a outras tecnologias de sistemas distribuídos avaliadas).

O modelo ontológico permite a definição do domínio do sistema através da especificação de conceitos específicos. Os conceitos gerados descrevem ligações lógicas e relações entre componentes do sistema. Os conceitos apresentados estão relacionados com o controlo de comunicação (p.e. *Communication_OK*, *Communication_NOT_OK*), recolha de informações que traduzam possíveis falhas do sistema (p.e. *CriticalAudioSystemFaultContext*) e a consequente resposta às falhas geradas (p.e. *ShowDoorWarning*).

A camada de dados é responsável por armazenar informações relevantes do sistema tornando-as acessíveis a qualquer momento, ao mesmo tempo que assegura o funcionamento *offline* do sistema.

Em termos funcionais, importa salientar a existência de um controlador ontológico que assegura a manutenção da ontologia e permite adicionar novos conceitos ou relações entre os componentes do sistema. Para além disso, a camada de dados possui um controlador que permite instanciar os conceitos do domínio consoante as informações recolhidas do sistema.

A imagem seguinte traduz a arquitectura da camada de dados:

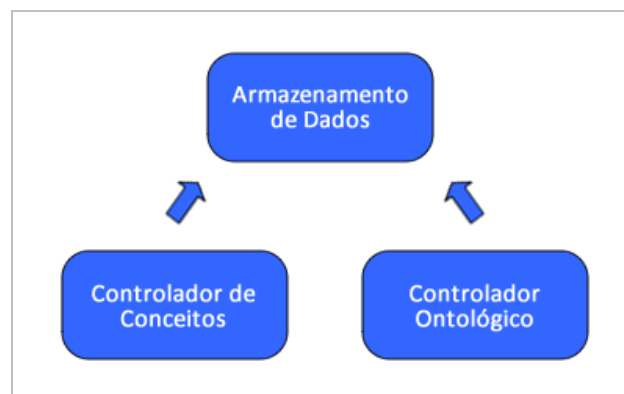


Figura 46 – Camada de dados arquitectura proposta [82]

Por fim, em jeito de conclusão, a arquitectura apresentada pretende tirar partido do uso de ontologias, permitindo um aumento de controlo da comunicação e interoperabilidade de componentes do sistema, auxiliando a manutenção e prevenção de falhas e, consequentemente, conferindo a diminuição dos custos que lhes estão associados.

3.3.2. Proposta de Arquitectura II [83]

3.3.2.1. Objectivo

O objectivo principal da definição da arquitectura apresentada pelos alunos da Universidade de Zagreb assenta na extensibilidade e reutilização de aplicações usadas com alguma frequência. A reutilização de software é uma das principais características apontadas na definição de uma arquitectura orientada a serviços (SOA). O sistema de *middleware* desenvolvido por estudantes da universidade de Zagreb (Croácia) permite interligar componentes de software (*plug-ins*) adicionando funcionalidades específicas de forma simples, tornando-o um sistema totalmente extensível e considerando questões de personalização, performance e reutilização de software existente.

3.3.2.2. Importância do *middleware* num sistema de informação ao público

Na experiência efectuada são considerados os seguintes tipos de sistemas *middleware* descritos na tabela seguinte.

Middleware	Descrição
Middleware de bases de dados	Gere os acessos a bases de dados independentemente da plataforma.
Middleware de Infra-estrutura	Permite a gestão de recursos de hardware e software (ex: tecnologia GRID)
Middleware de Aplicação	No qual está inserido o sistema desenvolvido [83]. Surge da necessidade de gerir a informação associada aos utilizadores de sistemas (autenticação, registo e autorização), isto é, permite a criação uma base de dados central com informação de acesso e permissão de utilizadores associada ao sistema que pode ser acedida por qualquer serviço autorizado numa arquitectura SOA.
Middleware de comunicação	Permite a comunicação entre plataformas desenvolvidas em plataformas diferentes (p.e. CORBA e <i>Web services</i>)

Tabela 16 – Tipos de Middleware avaliados na arquitectura proposta [83]

O sistema proposto define um *middleware* de aplicação que gere a relação cliente/servidor num sistema de informação ao público.

Em termos de arquitectura da solução são apresentadas duas camadas funcionais que constituem o *middleware* que interage com o cliente e o servidor:

Núcleo, responsável pelo armazenamento de informações de utilizadores, segurança e monitorização do sistema numa base de dados central (*middleware* de base de dados) e pela gestão de recursos do sistema em aspectos como escalabilidade e dependência (*middleware* de infra-estrutura do sistema).

Wrapper, contém a lógica necessária à integração, comunicação e interoperabilidade das aplicações do sistema (*middleware* de comunicação). Para além disso, o *wrapper* contém uma camada que serve de ponte para o núcleo do *middleware* que permite a adição de *plug-ins*.

O *middleware* de aplicação desenvolvido engloba as funcionalidades dos outros três tipos de *middleware* enunciados na Tabela 16.

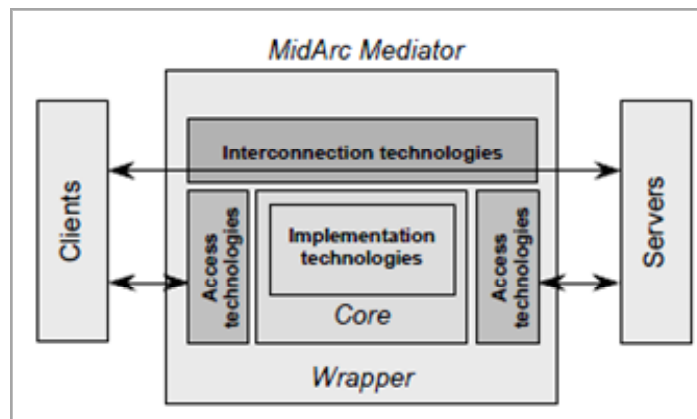


Figura 47 – Sistema Proposto [83]

Em termos de tecnologias utilizadas para o desenvolvimento do sistema referido, assumem principal relevância a implementação de classes .NET e base de dados relacional baseada em SQL com acesso através do protocolo ODBC, tecnologias de acesso *Web services* RPC e tecnologias de comunicação (protocolos como http, SOAP e SSL).

Em conclusão, o sistema apresentado possui uma arquitectura que tem como base as tecnologias necessárias para a implementação de um *middleware* de aplicação que surge como apoio ao desenvolvimento de serviços e integração de aplicações tornando o sistema facilmente extensível.

3.3.3. Proposta de Arquitectura III [12]

3.3.3.1. Objectivo

A empresa Mott McDonald implementa um sistema de informação ao viajante que permite interligar informações obtidas de diferentes fontes associadas aos serviços de transporte alternativos que comunicam com o aeroporto de Southampton. A solução apresentada visa disponibilizar dados de diferentes prestadores de serviços públicos como tabelas de horários ou informações de tráfego, que permitem ao viajante um melhor planeamento e aproveitamento do tempo durante as deslocações que efectua.

Uma das principais vantagens de implementação de sistemas como o apresentado passa pela reutilização e integração de serviços de diferentes fontes (prestadores de serviços de transporte público) já existentes, proporcionando extensibilidade e optimizando a performance do sistema a baixo custo.

Em termos de implementação, o sistema comunica com os servidores dos provedores de serviço através de SOAP obtendo o XML processado por uma aplicação Adobe Flex. A informação é por fim disponibilizada através de Adobe Flash.

A imagem seguinte traduz a arquitectura que define a solução implementada:

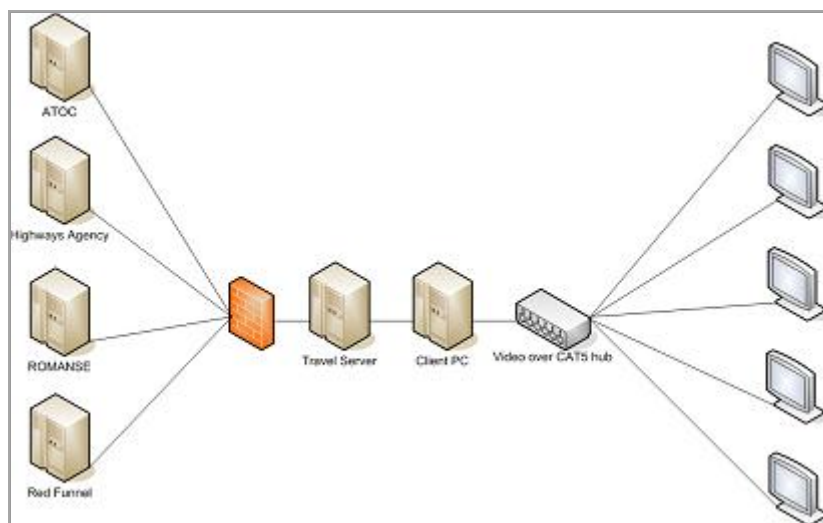


Figura 48 – Sistema Proposto [12]

Em termos arquitecturais, o sistema utiliza apenas um servidor responsável pela formatação dos dados obtidos dos prestadores de serviços de transporte público, que é encaminhada para uma aplicação cliente responsável pela criação da respectiva aplicação flash disponibilizada nos painéis LED. Para além disso, com vista à diminuição de custos, são utilizados cabos *ethernet* na comunicação com cada um dos painéis LCD para evitar a existência de uma máquina associada a cada um dos LCDs.

3.3.4. Conclusões Finais

As propostas de arquitectura descritas consideram aspectos relevantes no processo de definição de um SIV: controlo ao nível da manutenção e prevenção de falhas, facilidade de integração de novos componentes de software e reutilização e implementação de serviços de diferentes fontes.

A definição de métodos que permitam a análise de eventos do sistema sugere o controlo e manutenção da solução implementada contribuindo para um aumento de performance.

Um SIV pode integrar diferentes sistemas de telecomunicações constituídos por dispositivos de interface que transmitem a informação ao passageiro. A utilização de um módulo de *middleware* como o apresentado [83] facilita a integração de novos componentes de software ou serviços, conferindo flexibilidade e extensibilidade ao sistema.

Uma das necessidades do passageiro avaliadas no Capítulo 2 consiste na obtenção de informações relacionadas não só com o serviço de transporte escolhido para efectuar determinada deslocação, mas com as opções de transportes alternativos que comuniquem com o local de destino. O sistema proposto pela Mott MacDonald promete fazer face à carência descrita contribuindo para o contentamento de clientes e provedores de serviços.

4. Descrição da Solução Desenvolvida

4.1. Solução Desenvolvida

4.1.1. Âmbito de Desenvolvimento

A solução de software desenvolvida surge no âmbito da gestão de informação disponibilizada em painéis digitais e aquisição de informações em tempo-real associadas ao estado do serviço de transporte. O sistema responde às necessidades de apresentação de informações úteis aos clientes de um serviço de transporte, considerando as boas práticas e tecnologias de apoio ao desenvolvimento de SIVs mencionadas nos Capítulos 2 e 3.

A evolução das tecnologias *Web* associada às necessidades do mercado e aos requisitos impostos por alguns clientes, conduziram à necessidade de concepção de uma solução que integrasse a arquitectura e os serviços existentes na empresa e, em simultâneo, permitisse o acesso fácil e cómodo via *Web*.

A solução desenvolvida numa plataforma *Web* provê flexibilidade e mobilidade ao sistema eliminando as instalações necessárias de uma aplicação de desktop e fornecendo acesso às funcionalidades do sistema através de um browser instalado em qualquer computador.

A utilização de *Web services* no desenvolvimento da aplicação proposta confere, para além das vantagens referidas no estado da arte, as características necessárias em termos de interoperabilidade e comunicação entre os serviços existentes e a interface gráfica concebida.

A aplicação *Web* desenvolvida integra apenas o sistema visual de informação ao público (painéis digitais de afixação de mensagens) e o sistema de gestão de tráfego. A operação nos sistemas mencionados é efectuada através da interface *Web* disponibilizada aos operadores do Centro de Comando.

A gestão de painéis visuais passa pela gestão de mensagens que permitem a disponibilização de informação útil ao passageiro, auxiliando a tarefa de tomada de decisão e tornando-o mais receptivo a situações menos satisfatórias como tempos de espera prolongados.

4.1.2. Modelação da solução de software

A modelação de sistemas está na base da estruturação de soluções de software eficientes que apresentam qualidade ao nível de implementação (código de programação). Um modelo é a descrição de um sistema (ou parte de um sistema) construído através de uma linguagem de programação [84]. A informação utilizada na criação do modelo pode ser graficamente representada através de diagramas UML.

O UML é uma linguagem visual definida pela OMG (*Object Management Group*) que permite a especificação, construção e documentação de artefactos que constituem o sistema.

O UML insere-se em diversos ambientes de desenvolvimento que englobam domínios e arquitecturas distintos [85].

A solução de software desenvolvida no âmbito da dissertação de mestrado está inserida no domínio de transportes públicos e possui uma arquitectura específica definida mediante o estabelecimento de determinadas regras e procedimentos impostos pelo ambiente a que se destina.

A opção de utilização de UML no projecto de dissertação pretende tirar partido das vantagens associadas à construção de notações gráficas, que constituem um conjunto robusto de ferramentas de análise e especificação do sistema em termos funcionais e arquitecturais.

Os diagramas UML apresentam uma semântica simples, fácil de interpretar por qualquer desenhador de software. A tabela seguinte apresenta as funções atribuídas aos diagramas utilizados na modelação da solução desenvolvida:

Diagrama	Função
Diagrama de Pacotes	Apresenta a organização e agrupamento dos elementos que constituem o modelo.
Diagramas de Casos de Utilização	Facultam uma visão geral do contexto e comportamento do sistema e permitem gerir os requisitos que representam as funcionalidades associadas a cada actor. Os principais componentes que o constituem são Sistema, Actor, Caso de Utilização, Associação, Dependência e Generalização. Os diagramas de casos de utilização definem as tarefas que o sistema deve concretizar e não o modo de execução das mesmas.
Diagramas de Sequência	Permitem modelar de forma dinâmica a lógica do sistema especificando a interacção entre actores, sistemas e subsistemas enfatizando a ordem temporal dos fluxos de controlo.
Diagramas de Actividade	Permitem a modelação de operações e processos de negócio apresentando o fluxo de controlo entre actividades do sistema.
Diagrama de <i>Deployment</i>	Permite especificar a arquitectura do sistema especificando as ligações entre os nós e os componentes que os constituem. Define os aspectos físicos de um sistema orientado a objectos.

Tabela 17 – Diagramas UML utilizados na especificação do sistema

A criação dos diagramas de UML apresentados na Tabela 17 permitiu especificar o sistema desenvolvido abrangendo os objectivos associados à modelação UML: análise de requisitos, avaliação do comportamento e definição da arquitectura do sistema. A figura seguinte relaciona os diagramas com os objectivos enunciados:

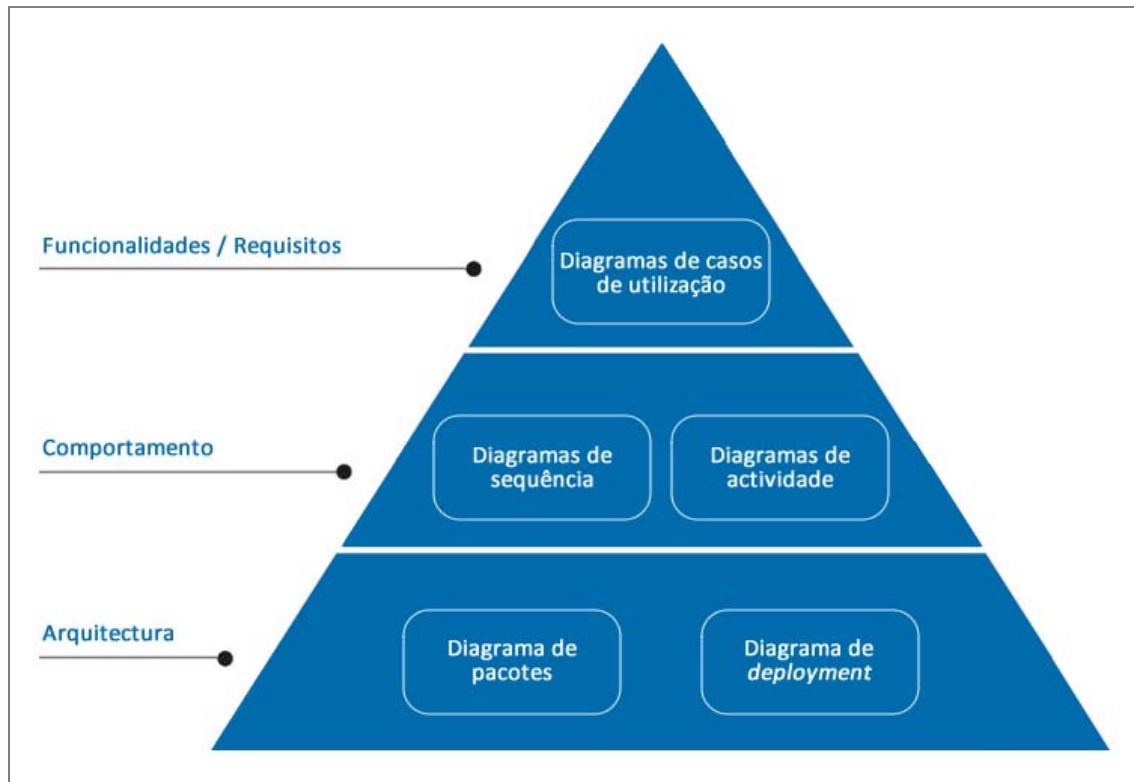


Figura 49 – Diagramas UML utilizados na especificação da solução

4.1.2.1. Especificação das funcionalidades gerais

O sistema desenvolvido permite a obtenção de informações relativas ao estado do serviço de transporte em que está inserido através da análise de um mapa geográfico representativo da área de operação envolvente. O operador gere o serviço de transporte a partir da informação facultada pelo sistema relativa à localização de estações e linhas de serviço, o estado e a localização em tempo real dos veículos da rede.

As funcionalidades especificadas permitem prestar auxílio na tarefa de gestão do serviço de transporte permitindo a detecção de falhas ou interrupções, aumentando a segurança e fiabilidade do mesmo. A informação de circulação dos veículos é fornecida por um Sistema de Gestão de tráfego que permite a actualização em tempo real dos dados contidos numa base de dados específica.

Nota: Para mais informações relativamente à solução de software desenvolvida, por favor, consulte o Anexo disponível em formato digital ou dirija-se aos orientadores do projecto de dissertação.

4.1.2.2. Requisitos de usabilidade

Ref ^a	Requisitos de interface e usabilidade	CaU relacionados
Rint.1	Usar fontes e cores que facilitem a legibilidade da informação. O texto deve ser legível a 1m do ecrã.	CaU1-CaU33
Rint.2	Os avisos de erro devem ser legíveis e identificar facilmente o erro associado.	CaU1-CaU33
Rint.3	Tentar generalizar tarefas de forma a não existirem repetições desnecessárias.	CaU1-CaU34
Rint.4	As funcionalidades mais utilizadas são visíveis e facilmente acedidas (o caminho de acesso é relativamente curto).	CaU1-CaU33
Rint.5	Informação contida nos cabeçalhos das janelas traduz correctamente a funcionalidade que lhe está associada	CaU24-CaU33
Rint.6	A mesma informação pode ser acedida de formas diferentes consoante o contexto.	CaU6, CaU8-CaU10, CaU12- CaU14, CaU19- CaU23
Rint.7	O utilizador pode mover/fechar janelas tornando componentes sobrepostos visíveis (visibilidade do mapa e de janelas sobrepostos).	CaU24-CaU33
Rint.8	Utilização de símbolos e cores que realcem e traduzam da melhor forma as funcionalidades do sistema que lhes estão associadas.	CaU1-Cau6
Rint.9	Utilização de <i>labels</i> nos <i>links</i> que indiquem claramente a funcionalidade que estão associados	CaU7-CaU33
Rint.10	Utilização de títulos credíveis que representem conceitos e tarefas da vida real	CaU7-CaU33
Rint.11	Realçamento de resultados de pesquisa	CaU1-Cau33
Rint.12	Desenho de ícones consistente e tratamento estilístico no sistema.	CaU1-Cau23
Rint.13	A selecção de um ícone é claramente visível relativamente a ícones não seleccionados.	CaU7-CaU23
Rint.14	A dupla selecção de um ícone é destacada de forma diferente relativamente à selecção simples.	CaU7-CaU16
Rint.15	As instruções de utilização de menus e mensagens de erro aparecem sempre no mesmo local em cada menu.	CaU7-CaU23
Rint.16	As mensagens de erro apresentam informação relativa ao campo que esteve na base do seu aparecimento.	CaU1-CaU33
Rint.17	São apresentadas mensagens de erro na realização de operações do sistema.	CaU1-CaU33
Rint.19	É apresentado feedback visual do sistema relativamente a objectos seleccionados	CaU7-CaU33
Rint.18	Os ícones traduzem correctamente o estado dos objectos que representam	CaU1-CaU23

Refª	Requisitos de interface e usabilidade	CaU relacionados
Rint.19	As opções de menu respondem ao domínio de tarefas do utilizador	CaU7-CaU23
Rint.20	As tarefas alternativas são facilmente identificáveis	CaU7-CaU14; CaU17-CaU23

Tabela 18 – requisitos de interface e usabilidade

4.1.2.3. Requisitos de desempenho

Refª	Requisito de desempenho	CaU relacionados
RDes.1	As pesquisas devem ser rápidas.	CaU1-CaU7
RDes.2	Todas as interações do sistema devem ser realizadas num tempo apropriado.	CaU1-CaU33
RDes.3	Alteração visível na selecção de ícones – 0.50-1.50 segundos	CaU7-CaU23
RDes.4	Tarefas de simples execução – 1 segundo	CaU1-CaU5
RDes.5	Tarefas comuns – 2 a 4 segundos	CaU7-CaU33
RDes.6	Tarefas complexas – 8-12 segundos	-
RDes.7	Os tempos de resposta são apropriados ao processamento cognitivo do utilizador (não exigência de níveis de concentração/retenção de informação muito elevados)	CaU1-CaU33
RDes.8		

Tabela 19 – Requisitos de desempenho

4.1.2.4. Requisitos de segurança e integridade dos dados

Refª	Requisito de segurança, privacidade e integridade de dados	CaU relacionados
RSeg.1	O utilizador realiza operações para as quais está autorizado.	CaU1-CaU33
RSeg.2	As credenciais devem ser únicas e fornecidas pelo administrador, não existe opção de registo.	CaU1-CaU33
RSeg.3	Necessidade de existência de ligação à Internet	CaU1-CaU33

Tabela 20 – Requisitos de segurança e integridade dos dados

4.1.2.5. Base de Dados Geográfica

A base de dados geográfica que integra o projecto de dissertação define as coordenadas do sistema de informação geográfica, isto é, armazena a informação de todas as localizações possíveis relativas a estações, nós da linha e veículos do mapa.

O sistema de gestão de base de dados PostgreSQL define a solução adoptada para armazenamento e manipulação de dados geográficos considerando o estudo efectuado relativamente às ferramentas GIS apresentadas no estado da arte.

O postgis apresenta uma biblioteca de funções geográficas que se revelou bastante útil no cálculo de distância entre localizações de veículos.

A escolha do PostgreSQL assenta no facto de ser uma ferramenta livre, simples de utilizar e permitir a definição de um sistema GIS que traduz a área de operação e que está na base do cálculo das coordenadas geográficas para representação de veículos no mapa georreferenciado.

A base de dados geográfica é constituída apenas por duas tabelas: *ConstLinePosition* e *OrderedLinePoints*. A primeira tabela define os dados geográficos associados aos nós da linha de metro desenhada no mapa. Um nó pode traduzir uma estação ou uma baliza. A baliza define um ponto geográfico da linha onde poderá ou não estar presente um veículo. A tabela *OrderedLinePoints* armazena as coordenadas geográficas da linha de metro.

Para o cálculo da posição em tempo real dos veículos foi definida uma função *getposition()* que retorna as coordenadas geográficas e permitem a sua representação no mapa.

A função *getposition* recebe o identificador do nó da linha onde está localizado o veículo (baliza ou estação), a distância percorrida e a direcção em que se desloca. As coordenadas finais são obtidas através de pesquisas efectuadas na tabela *ConstLinePosition*, utilizadas no cálculo da distância entre coordenadas, conferido por um método PostGIS.

5. Definição e Implementação da Solução

5.1. Comparação entre *Web services* e CORBA

Uma das principais diferenças entre as duas tecnologias está relacionada com a natureza de cada uma. Os *Web services* surgiram da necessidade de criação de aplicações modulares publicadas, localizadas e invocadas a partir da Web, o CORBA foi inicialmente pensado para soluções empresariais.

O recurso às novas tecnologias de desenvolvimento das aplicações Web conferiu aos *Web services* maior facilidade de implementação, interoperabilidade, comunicação e integração de serviços.

Uma das dificuldades que está por trás do uso de tecnologias como o CORBA assenta na necessidade de utilização de linguagens de definição de interfaces (IDL), que revela a necessidade de conhecimento de técnicas para integração de diferentes linguagens num cenário constituído por aplicações heterogenias.

Os utilizadores de CORBA possuem os conhecimentos necessários para desenvolver *Web services* tendo em conta a complexidade adjacente à utilização das duas tecnologias. Enquanto o CORBA exige conhecimentos mais aprofundados de linguagens como C++, os conceitos que estão por trás do desenvolvimento de *Web services* assentam em tecnologias XML simples.

Os esforços de utilização de ferramentas *standards* na definição dos *Web services* contribuem para a sua aceitação e reconhecimento rápido por parte das empresas relativamente a outras tecnologias como o CORBA.

Embora o CORBA e o DCOM tenham adquirido bastante aceitação e sejam utilizados em várias empresas desde o seu aparecimento, os *Web services* vêm contornar alguns problemas que essas tecnologias apresentam. Um dos principais problemas associados ao uso de tecnologias como o CORBA e DCOM está relacionado com o facto de, apesar de úteis ao estabelecimento de comunicações servidor/servidor, apresentarem algumas limitações em termos de interoperabilidade cliente/servidor através da Internet [86]. Como já referido, o uso de tecnologias XML como WSDL e SOAP tornam os *Web services* mais flexíveis em termos de comunicação e interoperabilidade cliente/servidor.

Apesar da eficiência do protocolo IIOP, o SOAP oferece uma sintaxe simples que dá lugar à fácil detecção de erros e gestão do tráfego, já que é totalmente perceptível para o programador. A interface de um objecto CORBA é definida a partir de um IDL que, nos *Web services*, corresponde a um ficheiro WSDL. Existem várias ferramentas que permitem gerar ficheiros WSDL a partir do código que define as operações do serviço como, por exemplo, o AXIS, JAX-RPC ou JAX-WS. Esta tarefa torna-se mais complexa no CORBA, o IDL tem de ser editado manualmente consoante as modificações que são efectuadas no código aplicacional.

O SOAP possui algumas parecenças relativamente ao GIOP (*Management Group's CORBA General Inter-ORB Protocol*), protocolo responsável pela comunicação entre os ORBs.

OS dois protocolos suportam comunicação independente do protocolo de transmissão, no entanto o SOAP confere um benefício adicional no uso de XML [65].

Não existe ainda nenhuma API que permita a portabilidade de dados SOAP. Este facto traduz a necessidade de alteração do código tendo em conta os requisitos e propriedades a respeitar na utilização da API de desenvolvimento escolhida. O POA (*Portable Object Adapter*) permite contornar esse problema no CORBA, conferindo a portabilidade necessária na utilização de diferentes ORBs.

5.1.1. Cenários de teste das tecnologias: *Web services* e CORBA

Os cenários de testes apresentados de seguida permitem comparar a eficiência de um sistema definido segundo uma arquitectura CORBA, relativamente à sua implementação com recurso a *Web services*.

Os cenários descritos correspondem a sistemas concebidos por diferentes entidades (investigadores e estudantes) encontrando-se devidamente referenciados.

5.1.1.1. Cenário de Arquitectura I [87]

A figura 50 traduz o cenário de teste utilizado na análise efectuada.

O cenário que serviu de teste à eficiência das duas tecnologias é constituído por um computador cliente, um servidor Web, um servidor de registo e uma máquina que funciona como um gerador de eventos de cliente.

A aplicação utilizada para teste foi um programa *Hello World* simples que retorna uma cadeia de 11 caracteres. O cenário construído permite determinar a capacidade do *middleware* considerando o processamento mínimo conferido pelo programa desenvolvido.

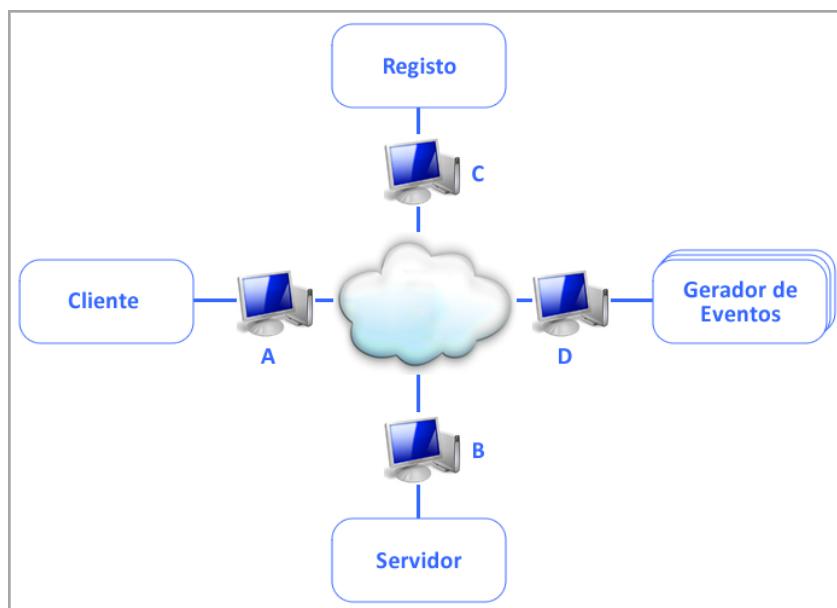


Figura 50 – Cenário de teste utilizado na comparação *Web services* e CORBA [87]

5.1.1.1.1. Características da solução implementada

- O *Web service* utilizado foi implementado em JAVA com AXIS.
- O gerador de eventos foi implementado em Java.
- O cliente utiliza as bibliotecas UDDI4J para efectuar o seu registo.
- O cliente e servidor CORBA são implementados em C++.
- O teste permite efectuar uma avaliação da eficiência das duas tecnologias no respeito ao registo do serviço (UDDI para os WS ou NS para o CORBA) e os intervenientes na comunicação (proxy nos WS e *skeleton* no CORBA).
- Ligação *Ethernet* utilizada: 100 Mbps

Funcionamento do sistema com recurso a *Web services*

Inicialmente o cliente obtém uma referência para o WSDL que traduz as propriedades e métodos do serviço através do registo UDDI. Os pedidos ao servidor são depois efectuados através da proxy do cliente.

Funcionamento do sistema com CORBA

A referência ao servidor é obtida a partir do NS (*Naming Service*) permitindo o estabelecimento da comunicação.

5.1.1.2. Resultados Obtidos

Teste	Web services	CORBA
Registo do Serviço	Foi possível verificar que, à medida que o número de clientes aumenta, existe um aumento quase linear do tempo de registo. O registo é efectuado na criação da proxy cliente. O tempo de registo ronda os 13.9 ms.	O tempo de registo é bastante menor (0.5ms) embora não seja linear. São efectuados registos em tempo de execução.
Comunicação	+ Menor tempo de inicialização. - Maior tempo de registo. - Maior tempo de resposta do servidor. - Maior ocupação da largura de banda.	- Maior tempo de inicialização. + Menor tempo de registo. + Menor tempo de resposta do servidor. + Menor ocupação da largura de banda.
Condicionantes	Registo efectuado apenas no momento de criação da proxy	Registo efectuado durante o tempo de execução.

Tabela 21 – Resultados obtidos no teste efectuado no cenário de teste [87]

Embora os *Web services* apresentem maior tempo de registo que o CORBA, este facto não influencia a performance do sistema já que esse registo é efectuado uma única vez, durante a criação da proxy cliente, o mesmo não acontecendo no CORBA.

Relativamente ao número de bytes necessários à transmissão, devido à utilização de XML, os dados transferidos ocupam maior número de bytes do que a transmissão de dados binários CORBA.

Por fim, em jeito de conclusão, as vantagens de desvantagens relativas às duas tecnologias utilizadas extraídas da análise efectuada, é possível concluir que apesar do uso de standards tornar os *Web services* uma tecnologia simples e fácil de implementar, surge como condicionante em termos de tempos de processamento e ocupação da largura de banda, o que de certa forma contribui para a diminuição da performance do sistema relativamente ao uso de CORBA.

5.1.1.3. Cenário de Arquitectura II [72]

A análise efectuada parte do pressuposto que o uso do SOAP confere maior lentidão aos *Web services* considerando-se, por isso, menos eficiente que o CORBA. O principal fundamento da análise consiste em tentar perceber o que está por trás do atraso que advém da definição de chamadas SOAP e da necessidade de construção de mensagens, devidamente formatadas, para o estabelecimento da comunicação cliente/servidor.

5.1.1.3.1. Características da solução implementada

- O serviço implementado para o cenário de teste tem como objectivo a gestão de contas (créditos, débitos de reservas) através de um telemóvel.
- Foram efectuados 200 pedidos/s usando CORBA e 10 pedidos/s usando *Web services* (devido a limitações definidas do lado do servidor).
- Ligação: 100 Mbps Ethernet LAN

A imagem seguinte define o cenário de teste implementado:



Figura 51 – Cenário de teste utilizado na comparação *Web services* e CORBA [72]

O sistema é constituído por um cliente, um servidor e um gerador de eventos de cliente. Os pedidos SOAP e CORBA são enviados a partir do cliente sequencialmente permitindo obter uma aproximação do tempo de resposta do servidor.

O *parser* XML permite analisar e interpretar as mensagens SOAP. Os principais *parsers* utilizados são o DOM [88] e o SAX [89], sendo que o segundo é considerado mais rápido.

O *Web service* foi desenvolvido através da ferramenta AXIS e o servidor usado na implementação foi *Tomcat*.

O ambiente CORBA foi desenvolvido com recurso ao pacote incluído no JDK v1.3, que inclui as funcionalidades necessárias para operar e desenvolver objectos CORBA.

Foram efectuadas 10 000 chamadas a cada função do servidor para cada uma das tecnologias utilizadas.

5.1.1.3.2. Resultados Obtidos

Segundo os testes realizados foi possível constatar que o tempo de resposta do servidor para o CORBA é relativamente baixo (aproximadamente 1.63 ms), contrastando com os 679 ms obtidos recorrendo ao uso de *Web services*. Contudo, é possível atribuir melhorias ao sistema que permitem reduzir a discrepância entre as duas tecnologias como, o uso de um *parser* SAX em vez de DOM, dando origem a tempos de resposta mais curtos. No entanto, a quantidade de dados XML que circulam na comunicação cliente/servidor exerce bastante influência nas taxas de transmissão.

5.1.1.4. Cenário de Arquitectura III [90]

A análise efectuada permite testar a performance de um sistema com recurso a três tecnologias de sistemas distribuídos diferentes: *Web services*, CORBA e Java RMI.

As comparações efectuadas relativamente à tecnologia Java RMI não serão apresentadas, embora se encontre dentro do contexto do estudo efectuado para a concretização desta dissertação.

5.1.1.4.1. Características da solução implementada

- O *Web service* foi desenvolvido a partir de JAX-RPC com servidor *Tomcat*.
- O ambiente CORBA foi desenvolvido com recurso ao pacote incluído no JDK v1.4 que inclui as funcionalidades necessárias para operar e desenvolver objectos CORBA.
- Ligação Ethernet : 100Mbps

5.1.1.4.2. Resultados Obtidos

Na análise efectuada veio confirmar-se também uma diminuição de performance no uso de *Web service* relativamente ao uso de tecnologias CORBA ou Java RMI. As principais desvantagens do uso de *Web services* identificadas incidem sobre aspectos relacionados com maior consumo de memória e largura de banda.

Os principais factores que influenciam esta diferença em termos de eficiência são a necessidade de utilização de *parsers* XML para análise e interpretação de documentos extensos revelando custos ao nível da transmissão e processamento dos mesmos, e o uso de conexões não persistentes http 1.0. Contrariamente à utilização de http 1.0, a conexão http 1.1 permite o envio e a recepção de múltiplos pares pedido/resposta http através de uma única ligação TCP (em vez da abertura de uma ligação para cada par), possibilitando a diminuição do tráfego que circula na rede, redução da latência dos pedidos (o *handshake* TCP é efectuado apenas uma vez) e melhor detecção e correcção de erros de ligação.

5.1.1.5. Conclusões Finais

Os resultados obtidos nos cenários descritos apresentam a utilização de standards XML como uma desvantagem na implementação de *Web services*. O envio de envelopes SOAP durante a comunicação entre cliente e servidor traduz um aumento do número de bytes transmitidos relativamente à comunicação binária do CORBA. O facto enunciado pode estar na origem da escassez de confiança atribuída por muitas empresas ao uso desta tecnologia.

A diminuição de performance associada ao uso de *Web services* é muitas vezes dissimulada face às facilidades apresentadas em termos de implementação e desenvolvimento. A tecnologia que surgiu no ano de 2002, tem vindo a adquirir cada vez mais adeptos contrariamente ao CORBA face às vantagens que apresenta, já referidas no Capítulo 3 (3.1.2.4 Utilização de *Web services*). Os *Web services* podem substituir o CORBA ou servir de extensão a um serviço existente, conferindo ao sistema novas funcionalidades. No entanto, os *Web services* devem ser pensados como a nova geração da Internet e não como a nova geração do CORBA [87].

Da mesma forma, importa salientar que a chave de sucesso desta tecnologia assenta na disponibilização de uma representação comum para aplicações heterogénias que utilizam protocolos de comunicação e modelos de interação distintos, ao mesmo tempo que tira vantagem da utilização dos protocolos de transporte mais eficientes e convenientes, quando disponíveis nos dois nós de comunicação [65]. O facto enunciado traduz o conceito, já abordado no Capítulo 3, associado à heterogeneidade de *Web services* relativamente ao uso de protocolos e modelos de comunicação.

De acordo com a IDC (*International Data Corporation*) em 2002 foram implementados cerca de 3.300 *Web services* na América do Norte e as perspectivas conduziam a um investimento de cerca de 15.2 biliões de dólares nestas tecnologias no ano de 2007 [86].

5.2. Descrição da Solução Implementada

Apesar dos resultados avaliados nos diferentes cenários de implementação das duas tecnologias, os *Web services* representam a solução ideal para a implementação do sistema proposto pela empresa EFACEC, conferindo maior eficiência na adição de novas funcionalidades, que contribuem para a extensibilidade do sistema existente, associada às principais vantagens do uso desta tecnologia já apontadas, como a comodidade de aprendizagem por parte do programador e facilidade de estabelecimento de comunicação cliente/servidor que determinam o tempo de execução do serviço.

As principais vantagens que estão por trás da implementação de um *Web service* para interação com os serviços desenvolvidos na empresa são essencialmente:

- Possibilidade de criação de aplicação cliente que comunica com os serviços existentes na rede.
- Independência ao nível da linguagem de desenvolvimento conferindo a compatibilidade e interoperabilidade com os serviços dispostos na arquitectura CORBA existente
- Independência do protocolo de comunicação, na medida em que, qualquer servidor que suporte standards como XML, SOAP e http pode aceder ou hospedar o *Web service* desenvolvido.

- Arquitectura *stateless* caracterizada pela definição de um novo estado do sistema em cada resposta processada pelo *Web service*.
- Portabilidade da solução através do desenvolvimento de uma interface gráfica acedida por um browser que comunica com o *Web service* desenvolvido.

Segundo a arquitectura estipulada, podem ser identificados no máximo três níveis distintos de operação, definidos por diferentes percursos que interligam componentes necessários à implementação das funcionalidades do sistema.

A aplicação cliente disponibiliza uma interface gráfica ao operador do centro de comando responsável pela gestão dos diversos dispositivos de telecomunicações que constituem a rede.

5.3. Tecnologias Utilizadas

Nos capítulos anteriores foram apresentadas algumas tecnologias que possibilitam o desenvolvimento da solução implementada.

A aplicação de software desenvolvida é constituída por uma API cliente que disponibiliza uma interface gráfica para operação sobre o sistema de informação ao público definido na empresa e um *Web service* que fornece garantias de acesso à arquitectura CORBA constituída pelos serviços que permitem a interoperabilidade com os equipamentos dispostos nas estações de metro.

Durante o processo de desenvolvimento foram usadas tecnologias diferentes ao nível de implementação do cliente e servidor que permitiram determinar a melhor solução para o sistema proposto.

Tendo em conta as experiências efectuadas podem ser consideradas 3 fases distintas de desenvolvimento:

Fase de desenvolvimento	Implementação Cliente	Implementação Servidor
Fase 1	Cliente .NET	Web Service Java RPC com AXIS2
Fase 2	Cliente .NET	Web service JAX-WS
Fase 3	Cliente Javascript	Web Service JAX-WS

Tabela 22 – Tecnologias utilizadas nas fases de desenvolvimento da solução de software

5.4. Descrição das Fases de Desenvolvimento

5.4.1. Fase 1 – Cliente .NET e Web Service AXIS

5.4.1.1. Descrição da Solução

O Axis2 é uma ferramenta Java que implementa o protocolo SOAP. O projecto AXIS surge como resposta a alguns entraves encontrados no recurso ao protocolo SOAP para desenvolvimento de *Web services*. O AXIS permite mascarar a complexidade adjacente à criação e envio de envelopes SOAP na comunicação entre cliente e servidor e ao desenvolvimento de *Web services* e clientes.

A razão que fundamenta a escolha do AXIS2 para o desenvolvimento do *Web service* incide sobre as facilidades associadas à definição do serviço e estabelecimento de comunicação cliente/servidor.

O AXIS2 é composto por subsistemas que definem a lógica de processamento. Durante o processamento lógico do AXIS2 são efectuadas invocações ordenadas a eventos definidos. O objecto passado em cada invocação denomina-se *MessageContext* que possui informações das mensagens associadas ao pedido e resposta bem como propriedades da comunicação cliente/servidor [91].

A imagem seguinte define o caminho percorrido por uma mensagem desde que chega ao servidor:

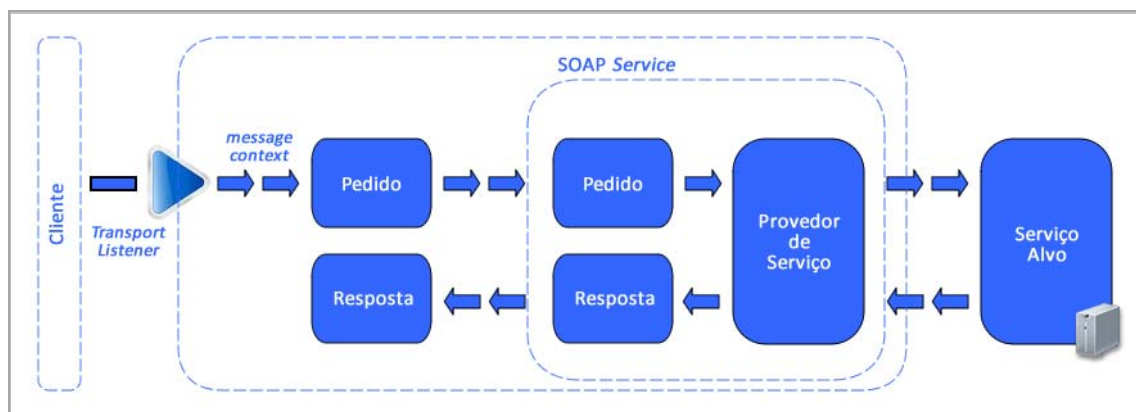


Figura 52 – Pedido/resposta Axis2

A mensagem é enviada para um *Transport Listener*, responsável pela definição de um objecto do tipo *message* (*org.apache.axis.Message*) com informações relativas ao protocolo de comunicação SOAP, e colocada num objecto do tipo *MessageContext*.

O objecto *MessageContext* criado possui um campo que determina o evento a invocar no caso de um pedido ou resposta do servidor, tendo em conta a funcionalidade do serviço a que se acedeu ou pretenda aceder.

O serviço SOAP especificado possui os canais de pedido e resposta de interacção com o serviço implementado. A interoperabilidade com o serviço implementado é assegurada pelo provedor do serviço SOAP.

O *parser* utilizado no AXIS2 para serialização de mensagens XML é SAX.

5.4.1.2. Desenvolvimento da solução

Como referido, o desenvolvimento de um Web service AXIS2 passa apenas pela definição dos métodos necessários à implementação das funcionalidades do sistema. A comunicação entre cliente e servidor e a geração do WSDL é da responsabilidade do AXIS2 [92].

A aplicação cliente comunica com o Web service desenvolvido a partir de uma proxy C# criada.

A imagem seguinte apresenta a comunicação entre cliente e servidor.

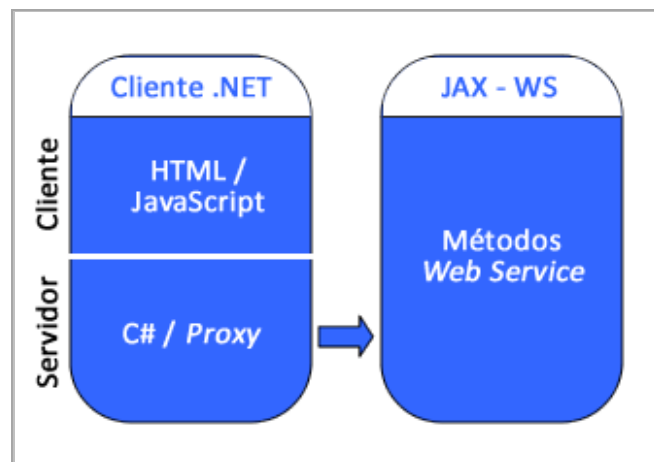


Figura 53 – Comunicação cliente/servidor Fase 1

5.4.1.2.1. Estabelecimento de interoperabilidade entre Web service AXIS e cliente. NET

Antes do desenvolvimento do cliente. NET foi necessária a criação de uma proxy para acesso ao serviço desenvolvido. A ferramenta Wsdll.exe permite a criação da proxy de cliente *myProxyClass* para acesso ao Web service SIP definida em linguagem C#, através da execução do seguinte comando na linha de comandos:

```
wsdl /out:myProxyClass.cs http://hostServer/WebserviceRoot/ EFASIPWebService?WSDL
```

A proxy criada para acesso ao Web service desenvolvido é depois compilada pelo compilador C# disponibilizado na ferramenta .NET. O comando a introduzir na linha de comandos para a criação do ficheiro .dll na pasta bin do projecto é:

```
csc.exe /out:bin\wssipproxy.dll /target:library /reference:system.web.services.dll  
wssipproxy.cs
```

Depois da criação e compilação da proxy, é possível proceder à invocação dos métodos definidos no Web service através de uma referência ao serviço criada localmente.

```
WebServiceAxis service = new WebServiceAxis ();  
Response.Write( service.displayInfoMsg("TestMessage", 2, 3) );
```

5.4.1.3. Problemas Encontrados

Durante o desenvolvimento da aplicação de cliente foi constatada a existência de um problema na ferramenta AXIS associado à passagem de parâmetros da aplicação cliente para o Web service JAVA.

O problema encontra-se já descrito na página de reportamento de erros do AXIS2 [93], embora não seja ainda apresentada uma solução fiável que o permita contornar.

Após a geração do cliente através de .NET verifica-se a existência de parâmetros duplicados no acesso aos métodos definidos no Web service sempre que o parâmetro de entrada de cada método não represente um objecto criado ou seja diferente de "String". De um modo geral, a programação orientada a objectos pressupõe a construção de classes (objectos) que definem o serviço ou aplicação criada. Do lado do cliente é possível a criação de objectos definidos no Web service. O problema referido surge da definição de variáveis *integer*, *double* ou *float* como argumentos de métodos invocados.

Uma solução encontrada passa pela definição de classes de objectos como *MyInteger*, *MyDouble* e *MyFloat* que representem respectivamente objectos do tipo inteiro, *double* e *float*. Outra solução, apesar de bastante corriqueira e pouco eficiente, seria usar apenas parâmetros do tipo *String* e tratados do lado do Web service e traduzidos nos tipos pretendidos.

5.4.2. Fase 2 – Cliente .NET e Web Service JAX-WS

5.4.2.1. Descrição da solução

Com vista à criação de uma solução vantajosa correspondente ao desenvolvimento do Web service e da aplicação cliente e tomando em consideração a descrição e boas práticas referidas no capítulo de estado da arte relativamente às tecnologias de *Web services* mais utilizadas, foi adoptada a tecnologia JAX-WS para implementação do serviço que comunica com o cliente .NET inicialmente criado. Como já referido, o JAX-WS é uma extensão do JAX-RPC inicialmente implementado na primeira fase de desenvolvimento descrita neste capítulo.

No desenvolvimento da aplicação cliente foi utilizada a API do Google Maps que permite a disponibilização do mapa geográfico para identificação da linha de serviço, estações e veículos.

A ferramenta .NET permite a criação de código HTML com recurso uma lista de controlos disponibilizada que podem ser manipulados do lado do servidor a partir de código C#. No entanto, a manipulação de componentes HTML não definidos na lista .NET não é passível de ser realizada a partir de código C#.

A API Google maps está desenvolvida em Javascript, facto que contribuiu para que todo o tipo de alterações efectuadas ao nível da interface durante as operações executadas na aplicação ser baseado em manipulação de DOMs HTML com recurso à biblioteca JQUERY.

O JQUERY [94] é uma biblioteca javascript que permite a reutilização de código através de plugins desenvolvidos e disponibilizados online. O JQUERY permite aceder de forma rápida e simples a componentes num documento HTML, manipular eventos e utilizar animações e interações AJAX. O JQUERY torna o processo de escrita de javascript mais rápido e, consequentemente, diminui o tempo de execução de um projecto mantendo a sua performance.

5.4.2.2. Problemas encontrados no estabelecimento da comunicação cliente/servidor

Durante o desenvolvimento da aplicação, verificou-se uma falha de comunicação entre o cliente .Net inicialmente desenvolvido e o Web service J2EE, o envelope SOAP é criado mas não é enviado. O problema encontrado assenta no facto do Web service estar a ser invocado por um site que não pertence ao mesmo servidor. Na situação referida é considerada a existência de *cross-site*, responsável pelo facto do browser não permitir o estabelecimento da comunicação. O objecto javascript XMLHttpRequest permite a comunicação entre cliente e servidor e é a base para as aplicações AJAX que se desenvolvem actualmente. No entanto, todos os browsers actuais impõem restrições ao nível de ligações de rede incluindo as chamadas XMLHttpRequest. Esta restrição impede que um cliente comunique com qualquer servidor localizado num domínio diferente daquele em que esta inserido [95].

Uma das soluções para resolução do problema descrito passa pela disposição da aplicação cliente e do *Web service* no mesmo servidor. Outra solução possível traduz a criação de uma proxy do lado da aplicação cliente responsável pela interacção com o *Web service* localizado em outro servidor. As chamadas *XMLHttpRequest* são efectuadas para a proxy que, por sua vez, invoca o *Web service* e devolve os valores de retorno novamente à aplicação cliente. A ligação é efectuada dentro do mesmo servidor e por essa razão não existe interferência do browser na comunicação.

A solução adoptada para contornar o problema de *cross-site* descrito passou pela disposição da aplicação cliente no mesmo servidor que o *Web service*. A opção tomada levou à reconsideração das tecnologias de cliente utilizadas especificada na fase de desenvolvimento seguinte.

5.4.2.3. Descrição de situação de ocorrência de Cross-Site

Quando uma página Web é desenvolvida de forma estática o programador tem total controlo sobre a forma como o browser interpreta o seu conteúdo, o mesmo não acontece com *Websites* que contêm páginas dinâmicas. É possível injectar código HTML malicioso num pedido efectuado pelo cliente que, assim como o servidor, não dispõe de informação suficiente para o detectar e adoptar medidas preventivas.

Da mesma forma, um envelope SOAP pode traduzir-se num POST constituído por conteúdo do tipo `application/xml`, uma acção SOAP no cabeçalho e uma chamada ao *Web service* que satisfaz uma chamada SOAP. Estes três valores podem ser alterados se for utilizado um objecto *XMLHttpRequest*. O objecto *XMLHttpRequest* permite a uma página obter informação de outros servidores (neste caso concreto este processo está definido na função `$ajax` do `jquery`).

Através da análise dos pacotes enviados entre o cliente e o servidor, os responsáveis pelo ataque conseguem manipular a forma como a resposta do servidor é interpretada pelo browser sem que isso seja detectado pelo utilizador do site.

O código javascript pode ser introduzido em qualquer página HTML através da *tag* `<SCRIPT>`. Da mesma forma que um browser tem a capacidade de interpretar código javascript, um hacker consegue injectar scripts escritos em diversas linguagens que são executados dentro do contexto do retorno pelo utilizador. As *tags* HTML mais utilizadas para injectar código malicioso são: `<SCRIPT>`, `<OBJECT>`, `<APPLET>` e `<EMBED>` [96].

A necessidade de manipulação directa de componentes HTML através de javascript baseada em dados fornecidos pelo serviço Java e a limitação imposta pelos browsers no uso de AJAX para estabelecimento da comunicação cliente/servidor, conduziu ao desenvolvimento de um *Web service* .NET que funciona como uma proxy estabelecida entre o código de cliente e o serviço.

A Figura 54 traduz o processo de comunicação da aplicação cliente com o serviço java desenvolvido, através do Web service .NET criado:

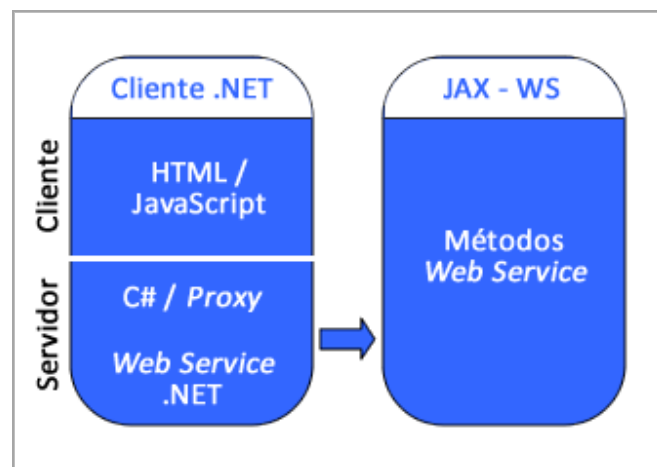


Figura 54 – Comunicação cliente/servidor Fase 2

O Web service .NET substitui a proxy inicialmente definida na aplicação permitia apenas aceder a objectos do serviço Java através do código C# usado na manipulação de componentes ASP.NET. Os métodos descritos no Web service .Net têm como único objectivo a invocação dos métodos do Web service Java que lhes correspondem.

5.4.3. Fase 3 – Cliente Javascript e Web Service JAX-WS

5.4.3.1. Descrição da solução

Avaliando as vantagens provenientes da utilização de javascript e jquery para manipulação da interface gráfica construída, e considerando a imposição de utilização de uma proxy para o estabelecimento de comunicação entre o cliente .NET e o serviço, a solução final dispõe apenas de um cliente Javascript e do Web service JAX-WS localizados dentro do mesmo servidor.

O acesso ao Web service pode ser efectuado de duas formas:

- i. Utilização da função *\$ajax* predefinida na biblioteca JQUERY a partir da aplicação cliente

É necessária a construção prévia do soap envelope do lado do cliente para a comunicação com o web service JAVA.

O soap envelope é uma mensagem XML que contém toda a informação necessária à ligação nomeadamente o *naming service*, o nome do método a invocar, parametros associados a esse método.

A imagem seguinte apresenta um exemplo de um soap envelope:

```
<S:Envelope
xmlns:S="http://schemas.xmlsoap.org/soap/envelope/">
\ <S:Header/> \
  <S:Body> \
    <ns2:soma xmlns:ns2="http://WService/"> \
      <x>'1+ '</x>\
      <y>'2+ '</y>\
    </ns2:soma>\
  </S:Body>\
```

O método invocado serviço *WService* especificado no envelope SOAP possui a denominação “soma” e tem como parâmetro *x* e *y* que, neste caso concreto apresentam os valores 1 e 2 respectivamente.

- ii. Utilização de um *plug-in* disponível no site do JQUERY que elimina a necessidade de construção dos envelopes SOAP manualmente.

Para evitar a construção de envelopes SOAP manualmente em cada invocação efectuada pelo cliente foi utilizado um *plug-in* disponibilizado no site do JQUERY, desenvolvido por um utilizador da biblioteca, que constrói os envelopes e estabelece a comunicação AJAX requisitando apenas ao programador o nome do método para invocação e respectivos parâmetros.

O *plug-in jquery.soaprequest.js* [94] disponibiliza duas funções para operação sobre os dados retornados do Web service: uma função de operação em caso de sucesso no acesso ao serviço e retorno dos dados e uma função de erro com as operações a efectuar em caso contrário. Para além disso é ainda possível converter o resultado XML retornado para o formato JSON.

O trecho de código seguinte traduz um exemplo do retorno do Web service no formato JSON:

```
<string xmlns="http://tempuri.org/">[{"X":"2", "Y":"1"}]</string>
```

O JSON [97] é uma sintaxe javascript que simplifica a tarefa de tratamento e disponibilização da informação obtida do Web service.

5.4.3.2. Características da solução final

A aplicação cliente foi desenvolvida em javascript eliminando a necessidade de acesso ao servidor, isto é, todo o processamento é efectuado do lado do cliente o que torna a solução mais rápida e eficiente.

A invocação ajax permite que sejam criados componentes HTML dinamicamente onde poderá constar a informação que foi solicitada ao *Web service* JAVA. Um dos principais benefícios da invocação do *Web service* com recurso a javascript (JQUERY / \$ajax) assenta no facto de tornar possível a actualização de apenas uma parte da página em vez da sua totalidade, o mesmo não acontecendo quando se pretendem actualizar componentes ASP.NET.

O plug-in javascript utilizado para o estabelecimento de comunicação entre cliente e servidor permite obter os resultados de retorno em formato JSON, o que facilita a manipulação dos dados do lado do cliente.

É da responsabilidade do browser a apresentação da página ao utilizador sendo para isso necessário o suporte de javascript. O utilizador interage com a página disponibilizando informações necessárias (por exemplo dados de login). A utilização de JQUERY permite o processamento de dados do cliente e a actualização de componentes da página (DOM HTML) tendo em conta os resultados obtidos.

6. Resultados

6.1. Identificação das principais características de um SIP

No Capítulo 2 é efectuada a caracterização de SIPs, evidenciando aspectos fundamentais a considerar na disponibilização de soluções inerentes aos serviços públicos e na concepção dos sistemas em si. Os principais factores enunciados que contribuem para a construção de um sistema que responda às expectativas de provedores de serviços e clientes em termos funcionais são resumidos na tabela seguinte.

Projecção do Sistema	Análise da aplicação desenvolvida
Análise previa dos requisitos funcionais do sistema	O planeamento da solução de software exigiu um estudo prévio relacionado com o ambiente de integração (tipo de serviço e o tipo de informação utilizada). Como garantia de cumprimento dos requisitos de clientes da empresa EFACEC, foram avaliadas as necessidades de operação associadas às funcionalidades gerais de um SIV. A aplicação desenvolvida permite ao operador do centro de comando a gestão de informação afixada em painéis de informação ao público. O sistema referido representa uma parte das operações associadas aos serviços de “Informação ao Público” implementados na empresa (dos quais consta o sistemas de sonorização).
Análise previa dos requisitos técnicos do sistema	Foi efectuado o estudo prévio da arquitectura que engloba os serviços existentes e as opções de integração da aplicação desenvolvida, tomando em consideração aspectos como compatibilidade das linguagens de programação utilizadas.
Análise da possibilidade de integração da aplicação desenvolvida com o sistema existente.	Para além das operações orientadas à gestão de informação nos painéis digitais, a aplicação disponibiliza dados relativos ao estado do serviço de transporte público (localização e estado de veículos na linha de metro). A opção de apresentação de dados associados ao funcionamento do serviço prestado, para além de responder às necessidades do operador do centro de comando, provém da possibilidade de disponibilização de um sistema de login aos utilizadores da Web para apresentação do conteúdo referido (aspecto mencionado no Capítulo 7). A criação do <i>Website</i> facilita o acesso de passageiros a informações úteis e funciona como complemento ao sistema de gestão de mensagens visuais disponíveis nos painéis das estações.

Projecção do Sistema	Análise da aplicação desenvolvida
Permitir a disponibilização de informação em tempo-real	A utilização de painéis de informação ao público permite a disponibilização de informação em tempo-real que apresenta um conjunto de benefícios para os passageiros (referidos no Capítulo 2). Para além da informação enviada para os painéis digitais, a aplicação apresenta dados associados ao estado e localização de veículos em tempo-real.
Identificação e avaliação das fontes de informação	As fontes de informação utilizadas definem a qualidade do sistema. A base de dados SIP suporta as operações sobre os painéis. O sistema geográfico externo utilizado faculta a localização de veículos na linha. A base de dados Geográfica criada permite o cálculo das coordenadas geográficas que definem a posição dos veículos. A informação inserida na base de dados Geográfica traduz dados temporários que identificam a área abrangida mas não correspondem ainda aos dados reais.
Manutenção dos dados armazenados	As informações armazenadas na base de dados são devidamente actualizadas.
Armazenamento de logs associados a eventos do sistema	O sistema armazena informação de logs na base de dados.
Armazenamento e disponibilização de informações de alarmes do sistema	A aplicação desenvolvida permite a consulta de alarmes do sistema. A informação de alarmes está armazenada na base de dados.
Disponibilização de uma interface simples	A interface que interage directamente com o operador utiliza um mapa georreferenciado que permite a análise imediata do estado do serviço e acesso fácil às operações. Foram tomados em consideração aspectos de usabilidade da aplicação como a apresentação de conteúdos perceptíveis e perfeitamente legíveis (avaliação disponível no Capítulo 4)

Tabela 23 – Avaliação das principais características um SIP

6.2. Avaliação de cumprimento de requisitos

As tabelas seguintes apresentam a avaliação de cumprimento dos requisitos especificados no Capítulo 4.

Ref ^a	Requisitos de interface e usabilidade	Avaliação
Rint.1	Usar fontes e cores que facilitem a legibilidade da informação. O texto deve ser legível a 1m do ecrã.	Cumpre
Rint.2	Os avisos de erro devem ser legíveis e identificar facilmente o erro associado.	Cumpre
Rint.3	Tentar generalizar tarefas de forma a não existirem repetições desnecessárias.	Cumpre
Rint.4	As funcionalidades mais utilizadas são visíveis e facilmente acedidas (o caminho de acesso é relativamente curto).	Cumpre
Rint.5	Informação contida nos cabeçalhos das janelas traduz correctamente a funcionalidade que lhe está associada	Cumpre
Rint.6	A mesma informação pode ser acedida de formas diferentes consoante o contexto.	Cumpre
Rint.7	O utilizador pode mover/fechar janelas tornando componentes sobrepostos visíveis (visibilidade do mapa e de janelas sobrepostos).	Cumpre
Rint.8	Utilização de símbolos que traduzam da melhor forma as funcionalidades do sistema que lhes estão associadas.	Não Cumpre
Rint.9	Utilização de cores que realcem as funcionalidades do sistema.	Cumpre
Rint.10	Utilização de <i>labels</i> nos <i>links</i> que indiquem claramente a funcionalidade que estão associados	Cumpre
Rint.11	Utilização de títulos credíveis que representem conceitos e tarefas da vida real	Cumpre
Rint.12	Realçamento de resultados de pesquisa	Cumpre
Rint.13	Desenho de ícones consistente e tratamento estilístico no sistema.	Cumpre
Rint.14	A selecção de um ícone é claramente visível relativamente a ícones não seleccionados.	Cumpre
Rint.15	A dupla selecção de um ícone é destacada de forma diferente relativamente à selecção simples.	Cumpre
Rint.16	As instruções de utilização de menus e mensagens de erro aparecem sempre no mesmo local em cada menu.	Cumpre
Rint.17	As mensagens de erro apresentam informação relativa ao campo que esteve na base do seu aparecimento.	Não Cumpre
Rint.18	São apresentadas mensagens de erro na realização de todas as operações do sistema.	Não Cumpre
Rint.19	É apresentado feedback visual do sistema relativamente a objectos seleccionados	Cumpre
Rint.20	É apresentado feedback visual do sistema relativamente à concretização de operações com sucesso/insucesso	Não cumpre

Refª	Requisitos de interface e usabilidade	Avaliação
Rint.21	Os ícones traduzem correctamente o estado dos objectos que representam	Cumpre
Rint.22	As opções de menu respondem ao domínio de tarefas do utilizador	Cumpre
Rint.23	As tarefas alternativas são facilmente identificáveis	Cumpre

Tabela 24 – Avaliação de cumprimento de requisitos de usabilidade

Verifica-se um escasso uso de símbolos na aplicação, as opções de operação são representadas em linguagem textual. Contudo, a aplicação revela um design simples combinando a harmonia conferida pela utilização dos mapas Google com um esquema de cores criteriosamente escolhido.

Os requisitos de usabilidade associados à apresentação de *feedback* do sistema após a realização de tarefas não foram cumpridos na sua totalidade. As mensagens de erro do sistema são enviadas ao utilizador numa situação de ocorrência de falhas no entanto, as mensagens de sucesso nem sempre são transmitidas. O facto referido está associado ao cumprimento de requisitos acordados com a empresa EFACEC tomando em consideração as necessidades do utilizador, a funcionalidade geral do sistema e o ambiente em que se integra.

O operador pode ser notificado relativamente ao sucesso ou insucesso na realização de operações, no entanto, nem sempre é apresentado *feedback* visual do sistema na situação descrita. Como exemplo, após o envio de uma mensagem programada, os controlos que constam no formulário da janela de operações são repostos com os valores que tinham antes da realização da operação (valores *default*). As funcionalidades que não apresentam *feedback* visual do sistema estão relacionadas com a configuração do modo automático e luminosidade nos equipamentos. Nas opções referidas, o operador é informado do sucesso da tarefa mas não obtém mais nenhuma indicação em termos visuais.

Refª	Requisito de desempenho	Avaliação
RDes.1	As pesquisas devem ser rápidas.	Cumpre
RDes.2	Todas as interações do sistema devem ser realizadas num tempo apropriado.	Cumpre
RDes.3	Alteração visível na selecção de ícones – 0.50-1.50 segundos	Cumpre
RDes.4	Tarefas de simples execução – 1 segundo	Cumpre
RDes.5	Tarefas comuns – 2 a 4 segundos	Cumpre
RDes.6	Tarefas complexas – 8-12 segundos	Cumpre
RDes.7	Os tempos de resposta são apropriados ao processamento cognitivo do utilizador (não exigência de níveis de concentração/retenção de informação muito elevados)	Cumpre

Tabela 25 – Avaliação do cumprimento de requisitos de desempenho

Os requisitos de desempenho enunciados no capítulo 4 são cumpridos. As funcionalidades de pesquisa apresentam tempos de resposta bastante aceitáveis. A pesquisa de estações no mapa não exige acesso à base de dados no momento em que a tarefa é efectuada, os dados são armazenados durante o carregamento da página e facultados ao utilizador sempre que necessário.

Ref ^a	Requisito de segurança, privacidade e integridade de dados	Avaliação
RSeg.1	O utilizador realiza operações para as quais está autorizado.	Cumpre
RSeg.2	As credenciais devem ser únicas e fornecidas pelo administrador, não existe opção de registo.	Cumpre
RSeg.3	Necessidade de existência de ligação à Internet	Cumpre

Tabela 26 – Avaliação do cumprimento de requisitos de privacidade e integridade dos dados

As características do ambiente de integração da aplicação e as necessidades de interacção com sistemas externos implicam o cumprimento dos requisitos de interface enunciados como garantia de consumação das funcionalidades e objectivos do sistema.

6.3. Comparação dos ambientes de desenvolvimento explorados

Tendo em conta as fases de desenvolvimento descritas no Capítulo 5, as principais diferenças encontradas relativamente às tecnologias de cliente e servidor utilizadas são especificadas na tabela seguinte:

Características	Aplicação .NET	Aplicação Javascript
Tecnologias Cliente	.NET	Javascript (JQUERY)
Tecnologias Servidor	Web service Jax-WS	Web service Jax-WS
Comunicação cliente/servidor	Proxy Web service .NET (XML)	Javascript (JSON)

Tabela 27 – Comparação entre tecnologias testadas durante o desenvolvimento da aplicação

Em termos de implementação, foi utilizado ao nível de *Web services* a ferramenta JAX-WS.

A existência de um cliente javascript apresenta vantagens em termos de comunicação com o servidor conferindo um aumento da rapidez e fiabilidade na invocação do serviço relativamente à solução .NET.

As vantagens referidas surgem associadas ao tratamento de dados e estabelecimento da comunicação do lado do cliente, isto é, não é necessária a existência de um bloco funcional adicional (*proxy*) responsável pelo estabelecimento da comunicação cliente/servidor, conferindo uma diminuição da probabilidade de ocorrência de falhas e do tempo dispendido na ligação ao serviço e obtenção dos dados de retorno.

O *web service* .NET, que funciona como proxy entre o cliente .NET e o *web service* JAX-WS, é constituído apenas por invocações aos métodos que constituem o serviço Java.

A utilização de JSON na solução do projecto de dissertação permite um tratamento da resposta do serviço bastante eficaz do lado do cliente javascript. Como referido no capítulo anterior, o JSON é um formato de dados baseado em javascript, simples de interpretar e independente da linguagem de programação utilizada.

A utilização do formato referido permite a manipulação fácil de dados retornados pelo Web service, na medida em que, o conteúdo XML retornado é convertido numa estrutura que contém o mesmo conteúdo dos nós XML, com a particularidade de ser acedida de forma bastante simplificada num cenário que tem como base javascript e JQUERY.

7. Conclusões

7.1. Sobre os objectivos do sistema

A adopção de sistemas de informação ao público contribui para um aumento de eficácia e qualidade dos serviços prestados.

Os SIVs disponibilizam meios que atribuem ao viajante um papel activo na aquisição de informação útil, a partir de dispositivos associados às novas tecnologias de comunicação. Entre os diversos componentes integrados na rede que permite a gestão de serviços de transporte públicos, foram destacados nesta Dissertação os painéis digitais que constituem os sistemas visuais localizados em estações de metro.

A concepção de uma nova solução que fizesse face aos requisitos de clientes implicou o desenho de um protótipo que admitisse aspectos cruciais, nomeadamente no que respeita à interoperabilidade com os serviços da empresa e à integração dos novos componentes de software na arquitectura existente.

O estudo efectuado durante a projecção da solução implementada englobou as mais recentes tecnologias para desenvolvimento de interfaces gráficas Web e *Web services*.

Para além das facilidades identificadas em termos de aprendizagem, a evolução de ferramentas inerentes à construção de *Web services* mascara a complexidade em termos de comunicação e disponibilização do serviço, proporcionando maior rapidez de execução e uma solução eficiente e satisfatória.

A utilização de javascript permite a manipulação dinâmica dos conteúdos apresentados na página Web e a integração da API Google Maps. Para além disso, o facto das operações efectuadas na página serem da total responsabilidade do cliente, confere maior rapidez à aplicação e menor susceptibilidade à ocorrência de falhas. Contrariamente à solução .NET inicialmente desenvolvida, a aplicação Web final utiliza javascript para o estabelecimento da comunicação SOAP entre o cliente e o servidor, descartando a necessidade de utilização de uma proxy para esse efeito.

A disponibilização de informação em tempo-real exigiu a criação de uma base de dados específica que define o GIS, isto é, representa a área de operação envolvente.

A solução final foi desenvolvida com recurso a tecnologias criteriosamente escolhidas, tendo em conta as características de integração e desenvolvimento do sistema, contemplando os requisitos e funcionalidades requeridos.

7.2. Perspectivas de evolução

Atendendo à importância associada à disponibilização de informações relativas às acções e eventos do sistema, poderia ser integrada uma funcionalidade que permitisse a visualização e notificação de avisos do sistema ao operador.

A crescente evolução das aplicações destinadas a dispositivos móveis associada às facilidades de mobilidade e portabilidade que lhes são inerentes poderá traduzir, no futuro, a necessidade de desenvolvimento de soluções que permitam apresentar ou complementar informações úteis dispostas nos painéis de informação ao público.

Tomando em consideração os sistemas de informação ao viajante disponíveis em *websites* descritos no estado da arte e a importância assumem para o público-alvo, uma das aplicações futuras do sistema desenvolvido constará na apresentação online de conteúdos úteis que englobem as informações em tempo-real integradas na aplicação desenvolvida.

A aplicação futura poderia disponibilizar informações de horário e localização de veículos que contribuem para a tomada de decisão do viajante. Para que a informação chegasse ao público requerido, e não descartando de todo as funcionalidades de gestão de mensagens afixadas em painéis digitais implementadas, seria necessária a integração de um sistema de gestão de utilizadores. O sistema de *login* armazena a informação pessoal dos utilizadores e permite a disponibilização dinâmica dos conteúdos apropriados, isto é, limita o acesso de utilizadores comuns a conteúdos privados orientados aos operadores do centro de comando. O sistema passaria a integrar dois tipos de actores em vez de um único, o operador e o cliente do serviço de transporte público (qualquer utilizador da Web).

A implementação das alterações referidas na solução desenvolvida confere um aumento da confiança dos viajantes (clientes do serviço de transporte) no serviço prestado permitindo, em simultâneo, responder aos requisitos de gestão de operações sobre os dispositivos da rede (painéis digitais de informação ou dispositivos que integrem novos sistemas).

Referências

1. Sundgren, B. (2005) *What is a public information system?* .
2. Infopolis, C. (1999) *Needs of travellers: An analysis based on the study of their tasks and activities*.
3. UK, D.f.T., *Resource Guide For Local Authorities, Transport Solutions for Older People*. 2010.
4. Consortium, I. (1998-2000) *Review of Current Passenger Information Systems*.
5. Boswell, W. *How The World Wide Web Has Changed Society*.
6. Katrin Dziekan, A.V., *Psychological Effects of and Design Preferences for Real-Time Information Displays*. Journal of Public Transportation, 2006. **Vol. 9 No. 1**.
7. EFACEC Available from:
http://www.efacec.pt/presentationLayer/efacec_home_00.aspx?idioma=1.
8. Acis Home Page. Available from: www.acis.pt.
9. Rowe, D. (2009) *AcisHome - Real time information system to support sustainable homes and communities*.
10. ACIS Information Communities (2009) *AcisIbisA low power, pole-mounted, interactive display incorporating Real Time Passenger Information (RTPI) and related community bulletins*.
11. Mott McDonald Home Page. Available from: <http://www.mottmac.com/>.
12. James Mead, D.L. *Integrated Public Transport Information System for a BAA Southampton Airport*.
13. AESYS Home Page. Available from: <http://www.aesys.it/ENG/index.html>.
14. Alstom Home Page. Available from: <http://www.alstom.com/home/>.
15. ARNIC Home Page. Available from: <http://www.arinc.com/>.
16. BIRD Information Systems. Available from: <http://www.bis.co.in/airs.asp>.
17. RAD Home Page. Available from: <http://www.rad.com/>.
18. Mitron Web Page. Available from: <http://www.mitron.fi/>.
19. Dzine Home Page. Available from: <http://www.dzine.be/?page=index>.
20. ANA - Aeroporto do Porto. Available from:
http://www.ana.pt/portal/page/portal/ANA/AEROPORTO_PORTO.
21. Metropolitano de Lisboa Web site. Available from: <http://www.metrolisboa.pt/>.
22. Pidwirny, M., *Introduction to Geographic Information Systems*, n.E. Fundamentals of Physical Geography, Editor. 2006.
23. Graham, M., *Integrating Large Volume Data Services with Google Earth Mapping*. 2008.
24. Jody Garnett, B.O., *GeoServer Database Research*.
25. IMB DB2. Available from: http://www-01.ibm.com/software/data/db2/linux-unix-windows/editions_features_geodetic.html.
26. IBM Informix. Available from:
<http://www-01.ibm.com/software/data/informix/>.
27. PostgreSQL. Available from: <http://www.postgresql.org/>.
28. ORACLE. Available from: <http://www.oracle.com/index.html>.
29. Microsoft SQLServer. Available from: <http://msdn.microsoft.com/en-us/sqlserver/default.aspx>.
30. Microsoft SQLServer Express. Available from:
<http://www.microsoft.com/express/database/>.
31. Microsoft .NET Framework. Available from: <http://www.microsoft.com/net/>.

32. *Ruby on rails*. Available from: <http://rubyonrails.org/>.
33. *Perl Programming Language*. Available from: <http://www.perl.org/>.
34. *PostGis*. Available from: <http://postgis.refractory.net/>.
35. *Oracle spatial*. Available from:
http://www.oracle.com/technology/products/spatial/htdocs/data_sheet_9i/9iR2_spatial_ds.html.
36. *Oracle Locator*.
37. *Oracle Fusion Middleware MapViewer*. Available from:
<http://www.oracle.com/technology/products/mapviewer/>.
38. *ArcView ESRI Product*.
39. *ArcGis ESRI Product*. Available from: <http://www.esri.com/software/arcgis/index.html>.
40. *ArcGis Desktop*. Available from:
http://www.esri.com/products/index.html#desktop_gis_panel.
41. *ArcGis Server*. Available from:
http://www.esri.com/products/index.html#server_gis_panel.
42. *DirecTV*. Available from: <http://www.directv.com/>.
43. *Department for Education UK*. Available from: <http://www.education.gov.uk/>.
44. *Subaru.com*. Available from: <http://www.subaru.com/>.
45. *World Health Organization*. Available from: <http://www.who.int/en/>.
46. *Liberty Mutual*. Available from: <http://www.libertymutual.com/>.
47. *Mecklenburg Geospatial Information Systems*. Available from:
<http://www.charmeck.org/Departments/Geospatial+Information+Services/Maps/Home.htm>.
48. *MapServer*. Available from: <http://mapserver.org/>.
49. *ESRI Software*. Available from: <http://www.esri.com/>.
50. *Mecklenburg Gis Mapping - Air quality*.
51. *Zurich Transport Service*. Available from: <http://www.swisstrains.ch/>.
52. *Helsinki Region Transport - Vehicles*. Available from:
<http://transport.wspgroup.fi/hklkartta/defaultEn.aspx>.
53. *Yahoo Maps*. Available from: <http://maps.yahoo.com/>.
54. *Microsoft Bing Maps*. Available from: <http://www.bing.com/maps/>.
55. *Google Maps*. Available from: <http://maps.google.com/>.
56. *ASK Maps*.
57. Wenzel, E. (2006) *Web 2.0 Applications: Google vs Yahoo vs Microsoft vs the world*.
58. *Google Maps Mania*. Available from: <http://googlemapsmania.blogspot.com/>.
59. *Google Sighseeing*. Available from: <http://googlesightseeing.com/>.
60. Paul A. Longley, M.F.G., David J. Maguire, David W. Rhind (2005) *Geographic Information Systems and science*.
61. Dr Praveen Kumar, D.R., Varun Singh, *Intelligent transport system using GIS*. 2003.
62. Kölln, L.W. (2006) *Object Request Broker e CORBA*.
63. Aniruddha Gokhale, B.K., Arnaud Sahuguet, *Reinventing the Wheel? CORBA vs. Web Services*.
64. Golluscio, P.M.a.E. (2002) *CORBA and Web Services*.
65. Francisco Curbera, W.A.N.a.S.W. (2001) *Web Services: Why and How*.
66. Alex Rodriguez, S.E., *IBM RESTful Web services: The basics*. Available from:
<http://www.ibm.com/developerworks/webservices/library/ws-restful/>.
67. Russell Butek, N.G., *Web services hints and tips: JAX-RPC versus JAX-WS*. 2006.
68. Hongbing Wang, J.Z.H., Yuzhong Qu, Junyuan Xie, *Web services: Problems and Future Directions*.

69. Cesare Pautasso, O.Z., Frank Leymann, *RESTful Web Services vs. "Big" Web Services: Making the Right Architectural Decision*. 2008.
70. Axis Web Services. Available from: <http://ws.apache.org/axis/>.
71. JAX-WS Website Available from: <https://jax-ws.dev.java.net/>.
72. Robert Elfving, U.P., *Performance of SOAP in Web Service Environment compared to CORBA*. 2002.
73. Miller, A.S.a.J.A. (2003) *Web Services: Technical Evolution yet Practical Revolution*.
74. Hirschhorn, L., *Leading and Planning in Loosely Coupled Systems*. 1994.
75. Microsystems, S., *The Java(TM) Web Services Tutorial*.
76. Web Services Interoperability Organization (WS-I). Available from: <http://www.ws-i.org/>.
77. *Invoking JAX-WS Web services asynchronously*. Available from: http://publib.boulder.ibm.com/infocenter/wasinfo/v7r0/index.jsp?topic=/com.ibm.websphere.express.doc/info/exp/ae/twbs_jaxwsclientasync.html.
78. Mehta, E.O.a.B., *Introduction to Geographic Information Systems*, in *Fundamentals of Physical Geography*, 2nd Edition, . 2003.
79. Roman, C.V.a.E. (2001) *J2EE vs. Microsoft.NET: A comparison of building XML-based web services*.
80. Hanson, J.J. (2002). *.NET versus J2EE Web Services, A Comparison of Approaches*.
81. Miller, G. (2003) *NET vs. J2EE*.
82. Verstichel, S.B., A. Lievens, G. Latre, S. De Turck, F. Vermeulen, F. and G. Ghent Univ., *Train Management Platform for advanced maintenance of Passenger Information Systems*. 2007.
83. Benc, I.S., M. Srbljic, S. Ericsson Nikola Tesla d.d., Zagreb, Croat, *Service Development and Application Integration with Public Information System Mediator*. 2004.
84. Lidia Fuentes-Fernández, A.V.-M. (2004) *An Introduction to UML Profiles*.
85. Mary Shaw , P.C. (2006) *A Golden age of Software Architecture - A comprehensive Survey*.
86. Jen-Yao Chung, K.-J.L., Richard G.Mathieu, *Web Services Computing: Advancing Software Interoperability*. 2003.
87. Sofie Van Hoecke, T.V., Filip De Turck, Bart Dhocdt, Piet Demeester, *Modeling the performance of the Web service platform using Layered Queueing Networks"*. 2005.
88. Document Object Model (DOM). Available from: <http://www.w3.org/DOM/>.
89. SAX Project. Available from: <http://www.saxproject.org/>.
90. Gray, N.A.B. *Comparison of Web Services, Java-RMI, and CORBA service implementations*.
91. *AXIS Architecture Guide*. Available from: <http://ws.apache.org/axis/java/architecture-guide.html>
92. *Creating Apache Axis2 Web Services on NetBeans IDE*.
93. *Apache AXIS Issues*.
94. *JQUERY HomePage*.
95. Calls", J.U.a.W.P.f.C.-D.X. *Yahoo developer network website*. Available from: <http://www.technicalinfo.net/papers/CSS.html>.
96. Ollmann, G., *HTML Code Injection and Cross-site scripting*. 2007.
97. *JSON Web Page*. Available from: <http://www.json.org/>.